Digitized by Google

Phys. q. 628 b

Digitized by Google

Bücherei
der Offiziere
des ehem. k. b. 3. I. -
„Prinz Karl von Baye.“

Ak 2 7

Digitized by Google

Digitized by Google

Grundriß

der

Gewerb-Naturlehre

oder

technischen Physik,

zum

Gebrauche in Gewerbschulen, höheren Bürgerschulen und Handwerkschulen

von

Karl Christoph Schmieder,

Doktor der Philosophie und Professor, Mitgliede des kurhessischen Handel- und Gewerbvereines zu Cassel, ordentlichem Mitgliede der naturforschenden Gesellschaft zu Halle, ordentlichem Mitgliede der großherzoglichen mineralogischen Societät zu Jena, ordentlichem Mitgliede der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg, korrespondirendem Mitgliede der Wetterauischen Gesellschaft für die gesammte Naturkunde zu Hanau und Ehrenmitgliede der königlich preussischen märkischen ökonomischen Gesellschaft zu Potsdam.

Bücherei

Mit drei Steintafeln.

Cassel, 1829.

Verlag von J. F. Bohné.

Gl 68/2883

Digitized by Google

Altbestand 57790

Wehrkreis-
bücherei VII
München

Digitized by Google

Vorrede.

In Gewerbschulen, Bürgerschulen und Handwerkschulen fordert der Lehrzweck, was bei verständiger Gewerbthätigkeit in Anwendung kommt, vorzugweise hervorzuheben, so faßlich als möglich darzustellen und die Anwendung bestimmt nachzuweisen. Eine auf die Gewerbe angewandte Naturlehre ist demnach wesentliches Bedürfniß, und wird es mehr in dem Maße, als die benannten Lehranstalten sich ausbreiten.

Wol sind wir reich an trefflichen Lehrbüchern der Naturlehre, deren zweckmäßiger Gebrauch in der Hand eines gewerbkundigen Lehrers alles leisten kann. Ihr Verdienst dankbar anerkennend, hielt ich doch eine besondere Bearbeitung nicht für überflüssig, welche von der meistens akademischen Tendenz jener Werke abweichend, dem Gewerbstande näher legen würde, was für ihn gehört.

Digitized by Google

Zwei Decennien umfaßte mein Wirkungkreis die reifere Jugend des Gewerbstandes, welches mir Gelegenheit gab ihre Bedürfnisse, ihre Fassungkraft, ihr Streben zu erkennen. Viele, die vormals meine Schüler waren, haben mir als Männer, durchreisend, auch schriftlich die alte Liebe bezeigt. Aus ihren Geständnissen ward mir noch deutlicher, was auf diesem Felde wurzelt und Frucht bringt. Dadurch haben unter andern meine physikalen Vorträge eine mehr und mehr veränderte Gestaltung angenommen. Gar Manches wurde beseitiget, was ich nur zögernd aufgab und dem Amtzweck opferte, um dem unmittelbar Gemeinnützigen für Gewerbtreibende Raum zu schaffen.

Auf gleiche Weise war auch hier mein Bestreben das Schwierige zu vereinfachen und jene strenge Beweisform zu meiden, welche Zuhörer leicht entmuthiget, bei denen gelehrte Vorbildung nicht vorausgesetzt werden darf. Dagegen schien mir zweckdienlich die praktischen Erfahrungsätze mehr gesondert aufzuführen und mit steter Hinweisung auf das Vorkommen zu begleiten. Wenn ich Untersuchungen nicht verfolge, die gewiß in akademischer Beziehung hohen Werth haben, und dafür Manches einschalte, was man

Digitized by Google

in physikalen Kompendien zu suchen nicht gewohnt ist, so geschieht es in treuer Meinung, eben also der übernommenen Aufgabe und der Bestimmung dieses Lehrbuches mehr zu entsprechen.

Der Lehrgang ist so berechnet, daß er in zweihundert Lehrstunden vollendet werden kann. Daraus ergiebt sich nach der Einrichtung einer gegebenen Lehranstalt, in welchem Zeitraume, oder mit welcher Klassenvertheilung das Ganze abzuhandeln sey. Gewerbschulen, Bürgerschulen und Handwerkschulen haben freilich ungleiche Bedürfnisse; doch sind diese nicht wesentlich verschieden, sondern nur dem Grade nach, wie die Stände selbst, für welche jene vorbereiten. Zunächst hatte ich die Gewerbschule vor Augen, die alles dieses, und örtlichen Verhältnissen nach von manchen Dingen mehr in Anspruch nimmt. Denkende Lehrer werden leicht beurtheilen, was in der Bürgerschule oder in der Handwerkschule zu übergehen seyn möchte.

Dieser Jugend muß mehr gewiesen als erwiesen werden. Versuche sind eben so nothwendig als Vortrag, und er fruchtet wenig ohne sie. Ja: sollte und müßte Eines von Beiden wegfallen, so würde ich in diesem verzweifelten

Digitized by Google

Falle vorziehen den Vortrag aufzugeben und die Versuche mit Bemerkungen anzustellen. Das Wort verhallt, und Niedergeschriebenes bleibt nicht zur Hand im Treiben der Geschäfte; doch an der Anschauung haften die Begriffe und durch jene werden diese in der Folge wieder aufgeregt.

Daher ist Apparat bei diesem Unterrichte unentbehrlich und Lehrer sind ihrem Berufe schuldig darauf zu dringen, daß für Anschaffung des Nothwendigen gesorgt werde. Uebrigens ist dieses Bedürfniß nicht so kostbar zu befriedigen als man oft glaubt. Der Bedarf einer Handwerkschule läßt sich für Einhundert Thaler stellen. Die höhere Bürgerschule fordert den doppelten Betrag, und die Gewerbschule den dreifachen, vorausgesetzt, daß man in jedem Falle mit der größten Oekonomie verfahre. Der Apparat der hiesigen Realschule hat in allem nicht völlig Zweihundert Thaler gekostet.

Cassel, den 5. April 1828.

Digitized by Google

Uebersicht.

Einleitung. S. 1 — 6.

Erste Abtheilung.

Kap.

I. Verdichtung. S. 7 — 16.

II. Zusammenhang. S. 17. — 38.

III. Anziehung. S. 39 — 58.

IV. Schwere. S. 58 — 69.

V. Druck des Festen. S. 69 — 80.

VI. Druck des Flüssigen. S. 80 — 92.

VII. Gegendruck des Festen und Flüssigen. S. 92 — 103.

VIII. Eigenschwere. S. 103 — 113.

IX. Luftdruck. S. 113 — 126.

X. Elasticität der Luft. S. 126 — 142.

XI. Schall. S. 142 — 155.

XII. Ton. S. 155 — 170.

XIII. Wärme. S. 170 — 189.

XIV. Schmelzung. S. 189 — 200.

XV. Dampfbildung. S. 200 — 214.

XVI. Verdunstung. S. 214 — 228.

XVII. Gasbildung. S. 229 — 248.

XVIII. Miasmen. S. 248 — 264.

Digitized by Google

Zweite Abtheilung.

Kap.

XIX. Licht. S. 265 — 278.

XX. Spiegelung. S. 278 — 290.

XXI. Lichtbrechung. S. 290 — 308.

XXII. Farbenbildung. S. 309 — 323.

XXIII. Magnetismus. S. 323 — 336.

XXIV. Polarität. S. 336 — 348.

XXV. Elektricität. S. 348 — 362.

XXVI. Elektrischer Gegensatz. S. 362 — 374.

XXVII. Elektrische Vertheilung. S. 374 — 381.

XXVIII. Atmosphärische Elektricität. S. 382 — 395.

XXIX. Galvanismus. S. 395 — 405.

XXX. Feuer. S. 405 — 420.

Digitized by Google

Einleitung.

§. 1. Den Inbegriff dessen, was durch Sinne wahrgenommen wird, ohne Zuthun des Menschen vorhanden ist, wirkt und verändert wird, nennen wir Natur, im Gegensatze der Kunst, oder dessen, was aus menschlichem Willen hervorgeht. In eingeschränkterer Bedeutung versteht man unter dem Worte: Natur auch die natürliche Beschaffenheit eines Dinges.

§. 2. Was wir von der Natur kennen lernen, umfaßt die Naturkunde, deren Erweiterung den Naturforscher beschäftiget. Sie ist theils beschreibend, theils wissenschaftlich, je nachdem sie mehr auf Beobachtung oder mehr auf Vernunftschlüsse gebaut wird.

§. 3. Die aufmerksame Betrachtung der Merkmale der Naturkörper, so weit sie bekannt sind, bildet die Naturbeschreibung, deren Gegenstände nach den drei Reichen abgehandelt werden. Eine „Naturgeschichte" würde die Veränderungen der Natur in historischem Zusammenhange beschreiben.

§. 4. Wenn wir die Veränderungen in der Natur als Wirkungen betrachten, die Ursachen derselben erforschen und den Zusammenhang beider aufzuklären suchen, so entsteht daraus die Naturwissenschaft, als die Einsicht — oder zeitige Ansicht — von dem Wirken der Natur.

§. 5. Die Ursachen jener Wirkungen werden Naturkräfte genannt, im Gegensatze der thierischen Lebenskraft und der Geisteskraft, deren Betrachtung außer dem Bereich der Naturforschung liegt. Im Allgemeinen wirken diese Naturkräfte auf eine zwiefache Weise, wonach die Naturwissenschaft in zwei Abtheilungen zerfällt.

Digitized by Google

§. 6. Einige Naturkräfte bewirken Verwandlungen, d. h. totale und bleibende Veränderungen, so daß nach allen sinnlichen Merkmalen etwas Neues entsteht. Sie werden in der Chemie abgehandelt und deshalb auch chemische Kräfte genannt. Durch chemische Kraft entsteht z. B. aus einem sauer schmeckenden und nach Safran riechenden Körper (Salzsäure) und einem andern von laugenhafter Schärfe (Natron) ein dritter ohne Säure und Schärfe, von salzigem Geschmack, das Küchensalz.

§. 7. Andere Naturkräfte bringen nur theilweise und vorübergehende Veränderungen hervor, indem sie nicht verwandlen, sondern anwandlen. Diese werden vornehmlich in der Naturlehre oder Physik abgehandelt und deshalb auch physikale, physikalische Kräfte genannt. Eine solche ist es z. B., daß die Wärme gewisse Körper ausdehnt, flüssig macht, verflüchtiget. Diese auffallenden Veränderungen sind doch nicht bleibend. Die Ursach vergeht, mit ihr die Wirkung. Die Anwandlung hört auf und der veränderte Körper wird wieder, was und wie er vorher war.

§. 8. Diese Unterscheidung der chemischen und physikalen Kräfte gilt freilich nur im Allgemeinen. Manche der ersteren wirken minder beständig, und letztere bringen in gewissen Fällen auch wol Verwandlungen hervor. Insofern verlaufen sich die Gränzen der Chemie und Physik in einander. Keine kann ohne Beihülfe der andern gelehrt werden und sie entlehnen gegenseitig Manches zur besseren Erläuterung.

§. 9. Die Erfahrungen, auf welche die Naturlehre ihre Schlüsse gründet, sind großentheils zufällige, freiwillige Aeusserungen der Naturkräfte. Durch solche wird uns wenigstens die erste Ahnung gewisser Kräfte. Man nennt sie Erscheinungen, Phänomene, und gebraucht diesen Ausdruck nicht blos von sichbaren, sondern überhaupt von sinnlichen Veränderungen.

§. 10. Wenn man eine Erscheinung von ihrem Anfange bis zum Ende mit allen Umständen aufmerksam wahrnimmt, so entsteht daraus eine Beobachtung, Observation. Aus ihr

Digitized by Google

werden um so sicherer Folgerungen gezogen, je sorgfältiger sie angestellt ward. Obenhin gemachte, halbe Beobachtungen erzeugen Irrthum und bringen dem Techniker Schaden.

§. 11. Manche Erscheinungen werden vermittelst passender Vorrichtungen sicherer, bestimmter und leichter beobachtet. Solche Vorrichtungen heißen Beobachtungwerkzeuge, physikale Instrumente. Dahin gehören die Thermometer, Barometer, Aräometer, Hygrometer, Photometer, Magnetometer, Elektrometer u. a. m.

§. 12. Viele Erfahrungen werden durch künstliche Aufforderung der Naturkräfte absichtlich herbeigeführt. Diese nennt man Versuche, Experimente. Sie sind belehrender als andere Beobachtungen, weil man bei der Anstellung die Wahl hat diese oder jene Kraft wirken zu lassen, welche demnach im voraus bekannt ist, wie auch Abänderung der Umstände errathen läßt, welchen Antheil diese oder jene Kraft an der Wirkung habe.

§. 13. Die zum Anstellen der Versuche erforderlichen Vorrichtungen und Hülfmittel bilden (sammt den Beobachtungwerkzeugen) den physikalen Apparat. Auch nennt man so einzelne Vorrichtungen, wenn sie von der Art sind, daß sie zur Anstellung eines Versuches wiederholt angewendet werden können, wie z. B. die Nebenwerkzeuge der Luftpumpe, der Elektrisirmaschine.

§. 14. Wenn die Naturlehre in steter Begleitung der zugehörigen Beobachtungen und Versuche vorgetragen wird, so nennt man sie Experimentalphysik. Nur eine solche kann eigentlich anschauliche Ueberzeugung gewähren. Bei unbegleiteter Beschreibung muß die Einbildungskraft des Zuhörers die Vorstellung des Gegenstandes ausführen helfen, und diese wird leicht nach vorgefaßten Meinungen unrichtig, mithin der Hauptzweck verfehlt.

§. 15. Die zufälligen und die veranlaßten Beobachtungen zeigen oft, wenn man sie mit einander vergleicht, daß die Natur unter gewissen Umständen immer ebendieselben Wirkungen hervorbringe. Diese Beobachtungen des Verstandes nennt man Naturgesetze. Sie sind vom Schöpfer gegeben und werden aufgefunden, nicht erfunden.

Digitized by Google

§. 16. Sind solche Regeln durch vielseitige Beobachtung bestätiget und festgestellt, so geben sie uns einen Maßstab zur Beurtheilung des Wahrscheinlichen. Was ihnen entspricht, nennen wir naturgemäß, natürlich. Das Gegentheil würde unnatürlich, widernatürlich heißen und trotz dem Anschein bezweifelt werden müssen.

§. 17. Die Vergleichung der Umstände bei ähnlichen und verschiedenen Erfolgen läßt oft den Zusammenhang zwischen Ursach und Wirkung errathen, auch wol den Hergang einer Erscheinung vollständig einsehen, woraus die Erklärung oder Theorie entspringt, welche das Ziel der reinen Naturwissenschaft ausmacht.

§. 18. In vielen Fällen sind wir noch nicht zur überzeugenden Erklärung gelangt. Man macht erst Versuche dazu, indem man Ursachen als wirklich annimmt, welche naturgemäß erscheinen. Diese Verstandsversuche heißen Wagsätze, Hypothesen. Es sind umständlich ausgeführte und dadurch zum Wahrschein erhobene Vermuthungen.

§. 19. Die theoretische, reine Naturlehre geht hauptsächlich darauf aus die Theorie zu erweitern. Sie reiht Hypothesen an Versuche und Beobachtungen, um sie fortwährend zu prüfen und zur überzeugenden Gewißheit zu führen. Sie beschäftiget also den eigentlichen Naturforscher (2).

§. 20. Dagegen beschränkt sich die Volknaturlehre oder populäre Physik auf das Gewisse, Erwiesene, um über das Wesen der Naturerscheinungen richtigere Begriffe zu verbreiten, den Aberglauben zu bekämpfen und Gefahren vermeiden zu lehren.

§. 21. Wenn man endlich vorzugweise bemüht ist zu zeigen, welchen Einfluß die Anwandlungkräfte auf das Gelingen oder Mißlingen der Gewerbe und ihrer einzelnen Arbeiten haben, so heißt eine solche Darstellung Gewerbnaturlehre oder technische Physik.

§. 22. Die Gewerbnaturlehre handelt nicht Gewerbe ab und ist von der Gewerblehre oder Technologie wol zu unterscheiden.

Digitized by Google

Sie beschreibt ebensowenig den planmäßigen Zusammenhang der Arbeiten als die technische Chemie oder die technische Mechanik. Aber alle drei zusammen liefern die Hülfkenntnisse zur Technologie, d. h. die Vorbereitung zum besseren Verstehen der Gewerbe.

§. 23. Die Richtung der Gewerbnaturlehre ist daher durchaus praktisch, d. h. alle Untersuchungen gehen darauf aus von den erkannten Naturkräften nützliche Anwendung zu machen, oder zu zeigen, wenn und wo sie gemacht werden könne, damit man die Fertigkeit erlange geschickt und sicher solche Zustände herbeizuführen, in welchen gewisse Naturkräfte diesen oder jenen Gewerbzweck fördern.

§. 24. Ein wichtiger Gegenstand der Gewerbnaturlehre ist die Beobachtungkunst oder Anweisung zum richtigen Gebrauche der Beobachtungwerkzeuge, wodurch die Fertigkeit erlangt wird jene Zustände, welche den Gewerbzwecken günstig oder ungünstig sind, leicht und sicherer als mit unbewaffneten Sinnen zu erkennen. Dieser Theil ist nicht wol aus Schriften allein zu erlernen, bleibt dem mündlichen Unterrichte vorbehalten und fordert tägliche Einübung.

§. 25. Eben so wichtig ist die Fertigkeit im Anstellen der Versuche oder die Experimentirkunst für den Techniker; sie ist ihm sogar unentbehrlicher als dem Gelehrten, weil der Gewerbtreibende immerfort in dem Falle ist Versuche zu machen, um unter veränderten Umständen ebendenselben Zweck zu erreichen. Auch diese wird nicht aus Schriften erlernt, sondern durch persönliche Anleitung erworben.

§. 26. Beim Gebrauche des Apparates fordert das Studium der Gewerbnaturlehre eine geschärfte Aufmerksamkeit auf die Mitwirkung der einzelnen Theile, damit man sie im Nothfall ersetzen lerne. Denn technische Versuche, zur Anwendung der physikalen Kräfte in der Kunst, erfordern oft andere Geräthe und Hülfmittel, als der Apparat zu theoretischen Versuchen darbietet. Da muß man zuweilen mit dem Bohrer sägen können, wie Herr v. Zach irgendwo sagt.

Digitized by Google

§. 27. Den höchsten Werth für die Gewerbnaturlehre haben erprobte und von der Natur genehmigte Naturgesetze, weil aus ihnen die brauchbarsten Kunstregeln hervorgehen, die nicht blos in einzelnen Fällen gelten, sondern Veränderungen der Umstände vorsehen und das Verfahren demnach einrichten lehren.

§. 28. Bei dem ungemein ausgedehnten Felde der heutigen Naturlehre gebietet der besondere Zweck hier manche Beschränkung. Die Gewerbnaturlehre beachtet daher vorzugweise, was im Kreise der technischen Erfahrung liegt, beseitiget das Zweifelhafte und zieht von der bewährten Theorie soviel herbei, als zur Deutlichkeit der Kunstregeln erforderlich ist. Uebrigens befolgt sie denselben Gang als die reine Naturlehre, betrachtet zuerst die allgemein verbreiteten Kräfte und geht dann zu denen über, welche unter besonderen Umständen wirksam sind.

Digitized by Google

Erste Abtheilung.

I. Verdichtung.

§. 1. Was Raum erfüllt, ist ein physischer Körper, im Gegensatze des mathematischen Körpers, der nur Raumbegränzung darstellt. Ersteren nennt man auch Materie, in chemischer Hinsicht Substanz oder Stoff, in technischer Beziehung Masse, Material.

§. 2. Ein Körper erfüllt seinen Raum, in sofern er verhindert, daß nicht zugleich mit ihm ein anderer ebendenselben Raum einnehme, ihn durchdringe. Die Undurchdringlichkeit ist demnach das erste Merkmal des Körperlichen, und unwandelbar.

§. 3. Die Erscheinung, in welcher die Undurchdringlichkeit sich äußert, ist die Berührung, d. h. die Zurückweisung eines Körpers durch den andern. Was daher einen Körper berührt, muß selbst Körper seyn, und die Berührung ist ein Beweis der Körperlichkeit. Wenn aber unter gewissen Umständen keine Berührung wahrzunehmen ist, so berechtiget das noch nicht auf Unkörperlichkeit zu schließen. Ruhige Luft berührt uns nicht merklich, wol aber bewegte.

§. 4. Die Raumerfüllung der Körper ist mehr oder weniger unvollkommen, unterbrochen durch Zwischenräume, Poren. Diese sind an vielen Körpern schon mit unbewaffnetem Auge wahrzunehmen, an andern unter starker Vergrößerung. Noch andere verrathen das Daseyn solcher Zwischenräume dadurch, daß sie flüssigen Körpern Durchgang verstatten, daß sie ohne Verminderung des Gewichtes durch Schlagen zusammengedrängt

Digitized by Google

werden können, oder daß sie bei Zumischung anderer Körper sich in einen kleineren Raum zusammenziehen. Diese Erfahrungen berechtigen uns die Porosität als eine gemeinsame Beschaffenheit aller Körper zu betrachten.

§. 5. Das Mehr oder Weniger des wirklich ausgefüllten Raumes, oder der Füllmenge nach Abzug der Zwischenräume nennt man die Dichtheit, Dichtigkeit der Körper. Da die Füllmenge aller schweren Körper dem Gewichte entspricht, so kann die Dichtigkeit bei gleichem Rauminhalte der Körper nach ihrem Gewichte geschätzt werden. Man findet sie auf diesem Wege ausnehmend verschieden. Platin ist 20 mal so dicht als Wasser, Wasser 840 mal so dicht als atmosphärische Luft und diese 15 mal so dicht als Wasserstoffgas; mithin ist Platin $20 \times 840 \times 15 = 252{,}000$ mal so dicht als Wasserstoffgas, oder die Zwischenräume beider Körper stehen in dem umgekehrten Verhältniß.

§. 6. Diejenigen Körper, welche ihren Raum weniger unterbrochen ausfüllen, mithin bei gleichem Umfange mehr Masse enthalten als andere, werden dichte Körper genannt. Dahin gehören überhaupt die Metalle, die Gläser und viele Steinarten. Die dichteren Körper werden uns sehr nützlich als Material zu Gefäßen, um andere Körper einzuschließen, deren Theile nicht fein genug sind sich durch die Zwischenräume der ersteren zu drängen. Platin, Gold, Silber, Kupfer, Messing, Eisen und Zinn haben in dieser Hinsicht den Vorzug vor Glas, Porcellan und Stein, dagegen letztere den der Unauflöslichkeit behaupten.

§. 7. Diejenigen Körper, welche ihren Raum sehr unterbrochen ausfüllen und viele Zwischenräume, aber weniger Masse als andere Körper bei gleichen Umfange enthalten, nennt man lockere Körper. Wir unterscheiden zwei Arten derselben nach dem äußeren Ansehen und ihrem Gebrauche.

§. 8. Wenn die Dichtigkeit in lockeren Körpern sehr ungleichförmig ist, daß große Zwischenräume mit dichten Theilgruppen abwechseln, so sind die ersteren schon mit bloßem Auge zu erkennen.

Digitized by Google

Man nennt solche Körper löcherig, porös, auch wol nach der Gestalt der Zwischenräume röhrig, blasig, schwammig, zellig. Sandstein, gebrannter Thon, Holz, Leder und Pappe sind von dieser Art. Ihr Gebrauch zu Gefäßen wird durch die Porosität sehr eingeschränkt, man müßte sie denn mit dichten Körpern bekleiden, wie z. B. Thon mit Glasur, Holz, Leder und Pappe durch Lackiren.

§. 9. Dagegen gewähren die löcherigen Körper ihren besonderen Nutzen, indem sie feintheilige Körper durchgehen lassen, die gröberen Theile aber zurückhalten. Darauf beruht die Sonderung des Groben vom Feinen fester Körper durch Siebe, Durchschläge, Beuteltuch, Haarsäcke und Körbe. Schlägt man lose Körper durch immer feinere Löcher, so bewirkt man dadurch die technisch so wichtige Sortirung nach dem Korn, zu welchem Behuf man Schrotsiebe, Graupensiebe, Pulversiebe, Griessiebe, Kornsiebe, Mehlbeutel, Pudersiebe und Smaltesiebe von allen Graden der Feinheit gebraucht und mit Nummern bezeichnet.

§. 10. Löcherige Körper von mittelerer Größe der Zwischenräume werden allen Künsten gemeinnützig dadurch, daß sie flüssige Körper durchlassen, die darin schwimmenden festen Theile aber zurückhalten. Man gebraucht sie zum Durchseihen, Filtriren, und nennt sie Seiher, Filtra. Dergleichen sind Fließpapier, Baumwolle, Kattun, Barchent, Holzmehl, Flanell, Filz, Kolenstaub, Glaspulver, Sand, Filtrirstein, mit Salz gebrannter Thon u. s. w. Man wählt das Filtrum nach der Feinheit der abzusondernden Theile, vornehmlich ein solches, das von der Flüssigkeit nicht angegriffen wird. Zu lockere Seiher verdoppelt man; auch wird das Zuerstablaufende zurückgegossen und die Arbeit wiederholt.

§. 11. Wenn lockere Körper eine gleichförmige Dichtigkeit besitzen, daß keine Unterbrechung durch Zwischenräume wahrzunehmen ist, so nennt man sie dünn. So ist die Luft in Vergleichung mit dem Wasser ein dünner Körper, und Wasser gegen

Digitized by Google

Metall. Sie scheinen dichter als sie sind, und der Augenschein entscheidet daher nicht über die Dichtigkeit. Der Sand, der viele Zwischenräume sehen läßt, ist doch im Ganzen dichter als Wasser; denn eine Blase, mit Sand gefüllt, sinkt im Wasser.

§. 12. Auf den Begriff der Dünnheit gründet sich der technische Ausdruck Verdünnung, Dilution, welchen man braucht, wenn ein Körper durch Vermischung mit einem andern, gewöhnlich dünneren, vertheilt und aufgelockert wird, z. B. Säuren, Laugen, Milch, Farbebrühen und andere Extrakte mit Wasser, wobei letzteres lediglich eine gleichförmige Auflockerung bewirkt.

§. 13. Manche Körper zeigen ein Bestreben sich selbst zu verdünnen, einen größeren Raum einzunehmen, sich auszudehnen. Man nennt sie dehnsame, expansible Körper, ihren Zustand Expansibilität, die dem Bestreben zum Grunde liegende Kraft aber Dehnkraft oder Expansivkraft. Ein Beispiel derselben geben die Gerüche, welche sich von gewissen Körpern aus in kurzer Zeit verbreiten. Ein Gran Kampfer füllt in wenigen Minuten einen großen Kleiderschrank mit seinem Geruche, ohne dabei noch merklich abzunehmen. Einige Gran Lavendelöl, in einem Saale von 5000 Kubikfuß Inhalt ausgegossen, verschwinden bald und erfüllen den ganzen Raum deutlich wahrnehmbar. Die mit Rosmarin bewachsenen Küsten der Provence verbreiten dessen Geruch 20 — 30 Meilen weit über die See.

§. 14. Sehr dehnsame Stoffe verbreiten sich in geradliniger Folge von einem Punkte aus nach allen Seiten, wie das Licht, von welchem sie strahlende Körper genannt werden. Die Wärme, die Elektricität und der Magnetismus sind stralend, letztere wenigstens in manchen Fällen. Die Luft ist wol dehnsam, aber nicht strahlend, jedoch strahlender Bewegungen in sich fähig, die wir Schalle, Töne nennen.

§. 15. Einige dehnsame Körper durchdringen die Zwischenräume lockerer Körper, werden aber von dichten Körpern zurückgehalten, weil ihre Dehnkraft nicht hinreicht sie fein genug zu

Digitized by Google

verdünnen, um in die engeren Zwischenräume einzudringen. Umgeben von dichten Massen, sind sie verschlossen. Man nennt sie sperrbare Körper. Es gehören dahin alle die Körper, welche man unter der gemeinsamen Benennung Luft begreift, desgleichen die Dämpfe.

§. 16. Dagegen finden die dehnsamsten Stoffe Durchgang durch die Zwischenräume dichter Körper, welches den Begriff der Undurchdringlichkeit nicht aufhebt. Man nennt sie unsperrbar. So durchströmen Wärme, Elektricität und Magnetismus die dichtesten Metalle. Wo die einfachsten Stoffe sich absondern, sind sie unsperrbar, wenigstens vorübergehend, bis sie durch mancherlei Anziehungen festgehalten werden; denn außerdem würden sie sich in den Weltraum zerstreuen. — Uebrigens steht die Unsperrbarkeit des Dehnsamen nicht ganz in gleichem Verhältniß mit der Dehnkraft, sondern wird durch jene Anziehungen abgeändert. Daher werden die dehnsamsten Stoffe durch manche minder dichte Körper gesperrt, die Wärme z. B. am besten durch lockere.

§. 17. Beiweiten die meisten Körper zeigen statt der Dehnkraft im Gegentheil ein Bestreben weniger Raum einzunehmen, sich zusammenzuziehen, also Verdichtungkraft. Am deutlichsten fällt diese bei solchen Körpern in die Augen, welche eben erst durch chemische Kräfte neu gebildet worden sind, vornehmlich bei metallischen Niederschlägen. Wenn man z. B. Silber in Scheidewasser auflöst und Salzwasser zugießt, so zieht sich das dabei entstehende schneeweiße Hornsilber in einer Stunde bis auf den zwanzigsten Theil des ersten Umfanges zusammen.

§. 18. Da die Verdichtung nie bis zur vollkommenen Raumerfüllung fortgeht, so ist daraus zu schließen, daß die entgegengesetzte Dehnkraft ihr Gränzen setze. Es tritt nämlich ein Punkt ein, da beide mit gleicher Stärke wirken, mithin einander aufheben. Man nennt das ihr Gleichgewicht. Die Porosität befördert es, weil holliegende Theile sich endlich ausdehnen müßten, um sich noch mehr zusammenzuziehen.

Digitized by Google

§. 19. Jenes Gleichgewicht der Dehnkraft und Verdichtungkraft erzeugt die Beharrlichkeit, vermöge deren ein Körper seinen Raum fortdauernd ausfüllt, ohne im Umfange ab- oder zuzunehmen. Dieser Zustand ist aber nicht so gewöhnlich, als man nach ungeschärfter Beobachtung glauben möchte, vielmehr manchem Wechsel unterworfen, jenachdem jenes Gleichgewicht durch äußere Umstände gestört wird.

§. 20. Die Beharrlichkeit wird aufgehoben, wenn fremdartige Körper in die Zwischenräume eines Körpers eindringen. Dieselbe Anziehung, welche das Eindringen bewirkt, schwächt die verdichtende Kraft der gleichartigen Theile, und in demselben Maße wird die Dehnkraft wirksam indem sie ein Schwellen oder Quellen erzeugt. In den meisten Fällen ist der eindringende Körper Wasser, wie z. B. beim Quellen der Hülsenfrüchte, beim Keimen der Samen, beim Schwellen des Holzes, beim Aufstehen des Brausethons, beim Aufblähen der Himmelsblume u. s. w. So quillt Hausenblase im Branntwein, Federharz im Terpentinöl, Knochen in Salzsäure, geraspeltes Horn in scharfer Lauge.

§. 21. Im entgegengesetzten Falle nimmt die verdichtende Kraft der gleichartigen Theile zu, wenn fremdartige entweichen, und bewirkt eine Verminderung des Umfanges, ein Schwinden oder Einschrumpfen. Das Entweichende ist auch hier meistens Wasser, wie beim Eintrocknen des Eyweißes, des Kleisters, der Obstfrüchte, des Getreides, beim Verschwinden der Tremellen u. s. w.

§. 22. Wenn Körper aus abwechselnden Lagen bestehen, deren einige dichter, andere saftiger sind, so verdichten sich letztere mehr und es entsteht ein Schwinden in der Breite. So schwindet das Holz wenig in der Länge, mehr in der Richtung des Halbmessers vom Stamme. Daher stehen die Querleisten an Schreinerarbeiten nach einigen Jahren merklich hervor, welcher Fehler freilich vermieden werden kann, wenn nur ganz ausgetrocknetes Holz verarbeitet wird.

Digitized by Google

§. 23. Wenn Körper von großer Fläche und geringer Dicke aus der angegebenen Ursach an einer Seite stärker schwinden, so bewirkt das ein Krümmen und Verziehen an dieser Seite. Darum rollen sich Späne nach außen vom Stamme ab. Die schmalen Bretter, welche aus dem äußeren Holze des Stammes geschnitten werden, hölen sich an der Splintseite und veranlassen das Werfen am Zimmerwerk, welchem die aus der Mitte geschnittenen Kernbretter nicht unterworfen sind. Außerdem krümmen sich auch Körper von gleichförmiger Dichtigkeit, wenn die eine Seite schneller austrocknet.

§. 24. Sind schwindende Körper an einigen Stellen festgehalten und dadurch verhindert sich im Ganzen zusammenzuziehen, so entsteht durch das Verdichten eine Spannung, welche die festgehaltenen Theile zerreißt. Daher das Reißen verzapfter Schreinerarbeiten von jungem Holze und aufgenagelter Dielen, welches sich in dem Knacken und Krachen derselben ankündiget, ehe es sichtbar wird. Die Rinde der Bäume ist überall festgehalten und wird deshalb rissig. Dieselbe Ursach erzeugt Risse im Mauerwerk, dessen Enden verklammert sind.

§. 25. Da bei Körpern von beträchtlichem Umfange die Oberfläche allemal schneller austrocknet und schwindet als das Innere, so widersteht letzteres dem Zusammenziehen und verursacht Zerklüftung der äußeren Theile. Die entstandenen Klüfte befördern dann erst das Schwinden des Innern und bringen deshalb immer tiefer ein. Wir sehen das am Thonboden nach dem Regen. Ebendaher kommen die zahllosen Klüfte, welche die Gebirgmassen in allen Richtungen durchkreuzen. Unzerklüftete Werkstücke von einigem Umfange findet man darum nur im Tiefsten der Brüche, und oft zerklüften sie sich dennoch an der Luft.

§. 26. Die Verdichtung fester Körper wird durch äußeren Druck befördert und sie beharren dann besser in dem verminderten Raume. Das Pressen des Papiers, des Leders und der Zeuge hat diesen Zweck. In Formen stark gepreßte Ziegel und Thon-

Digitized by Google

geschirre schwinden weniger im Feuer und krümmen sich nicht. Auch das Holz läßt sich durch Walzen oberflächlich verdichten, und man hat bemerkt, daß es dann wenig schwindet, auch keine Risse bekommt.

§. 27. Feste Körper, welche Dehnbarkeit besitzen, werden durch Schlagen, d. h. durch Druck von schnellbewegten Körpern, ansehnlich verdichtet, z. B. Metalle. Doch steht die Verdichtung dehnbarer Metalle nicht in geichem Verhältniß mit ihrer Dehnbarkeit, weil sie bei den weicheren durch die Verschiebbarkeit der Theile vermindert wird. So wird z. B. das Kupfer durch Schlagen um $\frac{1}{8}$ verdichtet, Eisen um $\frac{1}{14}$, Platin um $\frac{1}{20}$, Silber um $\frac{1}{100}$, Gold um $\frac{1}{200}$, Zinn um $\frac{1}{730}$.

§. 28. Feste Körper, die aus vereinzelten, losen Theilen zusammengehäuft sind, widerstehen der Verdichtung durch Druck und Schlagen oft mehr als zusammenhängende, insonderheit dann, wenn die losen Theile an sich hart sind, wie beim Sande. Man drücke und stampfe Sand in einem Trinkglase so dicht als möglich zusammen, so wird zugegossenes Wasser ihn doch noch mehr verdichten als der Druck vermochte.

§. 29. Einem plötzlichen Stoße widerstehen lose Körper ungemein stark, weil ihnen dann die nöthige Zeit zum Ausweichen und zur Verdichtung nicht gelassen wird. Eine Kugel, die gegen einen Sandhaufen abgeschossen wird, dringt nicht tief ein und verliert bald ihre Kraft. Darauf beruht der Nutzen der Kugelfänge bei Artillerieübungen, so wie der Gebrauch der Erdsäcke und mit Sand gefüllten Schanzkörbe im Kriege. Eine Sandsäule von zwei Fuß Durchmesser fängt schon Kugeln auf. Nur muß der Sand fein und trocken seyn. Wenn er aber mit vielen Steinen vermengt ist, so vergrößert eine solche Brustwehr die Gefahr der Dahinterstehenden, statt sie zu schützen.

§. 30. Der Widerstand, welchen lose Körper einem plötzlichen Drucke entgegensetzen, wird noch weit größer, wenn sie in enge Röhren eingeschlossen sind. Sie stämmen sich dann so fest an

Digitized by Google

die (rauhen) Wände, daß für den Augenblick der gewaltigste Stoß sie nicht herauszutreiben vermag. Eine sehr nützliche Anwendung davon ist die von dem Amerikaner Jessop erfundene Besetzung der Bohrlöcher mit Sand beim Bergschießen, die in der Schweiz, in Frankreich und Deutschland schon mit Vortheil eingeführt worden ist. Wird das Bohrloch im Felsen zum dritten Theil mit Schießpulver geladen, der obere Raum aber nach Aufsetzung des Zünders mit Sand gefüllt, so ist der Schuß nicht im Stande den Sand herauszuschlagen, sondern öffnet leichter die durch das Bohren entstandenen Sprünge und hebt die Seitenmassen, oft mehre tausend Pfund, bis auf den Grund des Bohrlochs ab, wiewohl er die sonst gewöhnliche mühsame Besetzung mit Lehm und geschlagnen Steinen oft genug nutzlos abwirft. Die von oben herabgehende Explosion in der Zündröhre scheint dabei kräftig mitzuwirken und die losen Theile ringsum zu pressen, daß sie dem Schusse einen Augenblick widerstehen, woraus erklärbar wird, daß selbst Besetzung mit Asche einen ähnlichen Erfolg haben soll.

§. 31. Flüssige Körper, die als höchst lose zu betrachten sind, lassen sich weder durch plötzlichen Stoß, noch durch langsamen Druck verdichten. Zwar wird nach Perkins und Oerstedts Versuchen das Wasser durch gewaltigen Druck ein wenig zusammengepreßt, doch dehnt es sich beim Nachlassen des Druckes um ebensoviel wieder aus. Füllt man dünngeschlagene metallene Kugeln mit Wasser, löthet die Oeffnung zu und schlägt dann die Kugeln platt, wodurch der innere Raum vermindert wird, so findet das Wasser endlich Durchgang durch die engen Zwischenräume des Metalls und schwitzt in feinen Tröpfchen aus.

§. 32. Dieser Widerstand des Flüssigen hat seinen wichtigen technischen Nutzen, indem er Mittel darbietet Flüssiges von Festem zu sondern, wenn sie durch starke gegenseitige Anziehung verbunden sind. Man umgiebt das Gemenge mit einer Siebhülle, d. h. einem Sacke von Leinwand oder Haaren und unterwirft diesen einem starken Drucke, durch welchen das flüssige ausgepreßt

Digitized by Google

wird. Oel, Wein, Stärke, Papier und andere Produkte der Kunst fordern diese Sonderung, die durch mechanische Gewalt nur sehr unvollkommen bewirkt werden würde, wenn das Flüssige leicht zusammenzudrücken wäre. Das Ausringen der Wäsche beruht ebendarauf.

§. 33. Dagegen werden flüssige Körper ohne Druck verdichtet, wenn fremdartige Theile entweichen, die zuvor der Verdichtung hinderlich waren. So verdichtet sich alles Flüssige beim Erkalten. So wird das Leinöl durch langes Kochen zu Firniß verdichtet. Auch das Queckſilber erlangt erst durch Auskochen seine eigenthümliche Dichtigkeit. Butter, Schmalz, Talg und andere Fette vermindern sich im Umfange bei lang anhaltendem Kochen, was man das Zehren nennt.

§. 34. Außerdem wird das Flüssige verdichtet, wenn man flüssige Körper mischt, die starke Anziehung haben. Es entsteht dann oft eine Verminderung des Raumes, eine scheinbare Durchdringung, welche doch nur darin besteht, daß die Anziehung ein gegenseitiges Eindringen des einen Flüssigen in die Zwischenräume des andern bewirkt. Mischt man z. B. 17 Maß Weingeist mit 17 Maß Wasser, so erhält man 33 Maß Branntwein, welche dem Gewicht nach mit den vorherigen 34 Maß übereinkommen; aber dem Raume nach geht ein Maß verloren.

§. 35. Die Luft widersteht dem Drucke so wenig, daß sie beinah in beliebigen Raum zusammengepreßt werden kann, wovon das zehnte Kapitel handeln wird; allein sie beharrt eben so wenig als Tropfbarflüssiges in der durch den Druck bewirkten Verdichtung, und dieses Beharren ist nur der Festigkeit eigen.

Digitized by Google

II. Zusammenhang.

§. 1. Wenn die Theile eines Körpers getrennt werden sollen, widersteht dieser Theilung eine besondere Kraft, die des Zusammenhanges, der Kohäsion. Sie wird deutlich wahrgenommen in der Anstrengung, welche das Zerschneiden, Zerbrechen, Zerstoßen, Zerschlagen, Zerdrücken, Zermalmen und Zerreißen der Körper fordert. Der Zusammenhang mag aus der Verdichtungkraft entspringen und nur in der Aeusserungart von ihr verschieden seyn.

§. 2. Da keine Bewegung ohne Zertheilen der Umgebung statt findet, so äußert sich der Zusammenhang bei jeder Thätigkeit, und sein Widerstand zeigt uns die Körper in einem verschiedenen Zustande, jenachdem er mehr oder weniger merklich wird. Man unterscheidet demnach drei Formen oder Aggregatzustände, Festigkeit, Flüssigkeit und Luftform.

§. 3. Wenn der Zusammenhang der Theile stärker ist als die Trennungkraft ihrer Schwere, so nennen wir solche Körper fest. Ueberhängende, ungestützte Theile werden durch ihn festgehalten, daß sie nicht abfallen, und nur ein vergrößerter Ueberhang zerreißt, zerbricht endlich den Körper. Außer der inneren Trennungkraft der Schwere greifen manche äußere — die §. 1 benannten — den Zusammenhang des Festen an, bei welchem Kampfe sich folgende Erscheinungen zeigen.

§. 4. Diejenigen Festkörper, welche der Trennung ihrer Theile den stärksten Widerstand entgegensetzen, nennt man hart, ihre Eigenschaft Härte. Sie geben äußerem Drucke nicht nach und werden bei heftigem Stoße nur durch die bewirkte Erschütterung aus ihrem Zusammenhange gesetzt. Oft erkennt man sie daran, daß sie beim Zusammenstoßen unter einander im Dunkeln Funken sprühen und am Stahle Feuer schlagen. Dahin gehören: Diamant, Korund, Feuerstein, Krystall, Zirkon, gehärteter Stahl, Smirgel Basalt u. à. Harten Körpern ist die Eigenschaft gemeinsam, daß sie, mit harten Pulvern gerieben, zu Glanz geschliffen werden

Digitized by Google

und eine vollendete Politur annehmen, welche sie lange behalten, ohne sich durch Reibung merklich abzunutzen, wie z. B. Stahlarbeiten. Fossilien der Art werden, wenn sie Schönheit mit Härte verbinden, zu Schmuck verarbeitet und Edelsteine genannt. In großen Massen vorkommend, werden sie, wenn auch minder ausgezeichnet hart, in der schönen Baukunst zu Getäfel verwendet, wie z. B. Granit, Porphyr und Marmor. Harte Mineralien ohne Schönheit sind doch beim Straßenbau gesucht und liefern ein vorzügliches Straßenpflaster, wiewol dabei die Politur zum Fehler wird, wie beim Basalt und Granit. Der technische Nutzen des Stahls zu Schneidewerkzeug, des Diamants zum Glasschneiden, des Feuersteins zum Stahlfeuerzeug, entspringt aus ihrer ausgezeichneten Härte. Endlich liefern harte Körper, durch Erschütterung lose gemacht, die tauglichsten Mittel zum Schleifen und Poliren.

§. 5. Die allermeisten Festkörper zeigen einen verminderten Grad von Härte und werden deswegen halbhart genannt. Sie widerstehen äußerem Drucke nicht ganz, noch weniger dem Stoße. Zugeschärfte Hartkörper brechen in die Oberfläche der halbharten ein, vornehmlich dann, wenn der Druck durch Schwungkraft unterstützt wird, wie der Meissel durch den Hammer. Dahin gehören viele Marmorarten, Alabäster, Serpentin, Thonsandstein, Knochen, Elfenbein, Eichenholz, Perlmutter, Eisen, Kupfer, Platin u. s. w. Die Schönheit mit Halbhärte vereinigen, bearbeitet der Bildhauer, andere der Steinmetz. Halbharte Steinarten sind das beste Baumaterial, da sie bei hinlänglicher Dauer leicht zuzurichten sind.

§. 6. Diejenigen Festkörper, welche schon durch mäßigen Druck aus ihrem Zusammenhange gesetzt werden, in deren Oberfläche schon halbharte Körper einbrechen, nennt man weich. Dahin gehören Zinn, Blei, Gold, Silber, Messing, Holz, Horn, Bernstein, Topfstein u. s. w. Insofern diese Körper harten Werkzeugen um so weniger widerstehen, liefern sie das geeignete

Digitized by Google

Material für die Drehkunst. Sehr weiche Körper, als: Wachs, Pech, Blei, Thon, Korkholz u. dgl. werden in der Kunst nützlich zum Formen und Modelliren, insbesondere zu Treibkuchen, d. h. nachgebenden Unterlagen bei Verfertigung der getriebenen Arbeiten. Die allerweichsten Körper machen den Uebergang zum Flüssigen.

§. 7. Das Einbrechen eines härteren Körpers in die Masse des weicheren findet um so leichter Statt, wenn ersterer unter spitzem Winkel, d. h. mit scharfer Kante angreift und so die getrennten Theile ausweichen können, was man Schneiden nennt. Es giebt in der Regel den Maßstaab zur Vergleichung der Härtegrade verschiedener Körper. So schneidet der Diamant in Stahl, Stahl in Eisen, Eisen in Holz, Holz in Blei, Blei in Wachs. Den härtesten Stahl erkennt man daran, daß er in andere Stahlsorten ritzt, ohne die Schneide abzunutzen. Auf Letzteres ist dabei zu achten; denn zugeschärfte Körper schneiden auch in Körper von gleicher Härte, aber mit Abstumpfung.

§. 8. Obige sehr allgemeine Regel hat doch ihre Ausnahmen, indem sie nur bei einfachem Drucke gilt. Dagegen wird zuweilen die entgegengesetzte Wirkung hervorgebracht, wenn die Schneide in Berührung eines härteren Körpers mit großer Geschwindigkeit bewegt wird, weil dann die Theile des weicheren Körpers nicht Zeit haben auszuweichen, mithin für den Augenblick als höchst hart wirken können. So wird nach Barnes Beobachtung durch eine runde Scheibe von weichem Eisenblech, die sich außerordentlich schnell umdreht, die härteste Stahlfeile, auch ein Quarzkiesel, unter heftigem Funkensprühen in kurzer Zeit durchschnitten. Auf ähnliche Weise ritzt ein sternförmig geschnittenes Kartenblatt in eine Marmorplatte, wenn es, wie Fig. 1 zeigt, an einem Faden ohne Ende hängend, mit beiden Händen oft umgeschwungen, der dadurch zusammen gefeilte Faden aber dann durch Auseinander ziehen der Enden plötzlich angespannt wird, wobei er sich wieder ausdreht und das Kartenblatt in

Digitized by Google

schnellen Umschwung setzt. Ebenso schneidet ein Papierstreifen tief in die Hand, wenn er schnell durchgezogen wird. Sehr weiche Körper zeigen sich hart unter solchen Umständen. Wenn man z. B. eine Stück Talglicht aus einer Flinte gegen eine angelehnte Thür abschießt, so durchbohrt es Eichenholz, ohne daß die Thür vom Schusse zugeschlagen würde. Die Kunst benutzt diese Ausnahmen öfter, als man glaubt, beim Schleifen harter Körper mit dem Pulver von weicheren, beim Poliren mit Tripel, Zinnasche, Kreide, Kole u. s. w.

§. 9. Der Zusammenhang fester Körper wird in der Regel stärker, wenn sie schwinden, weil die Verdichtung innigere Berührung der Theile zur Folge hat. Man nennt diese Zunahme das Erhärten, Verhärten. So wird der Thon im Feuer hart gebrannt, mehr noch der durch halbe Schmelzung zu Porcellan und Steingut verdichtete. Pfeiler von Eichenholz in alten Gebäuden findet man so hart, daß sie mit Stahl nicht zu bearbeiten sind. Marmor, Serpentin, Topfstein, Quaderstein und Tafelschiefer, die frischgebrochen dem Meissel gern weichen, widerstehen ihm hartnäckig nach dem Austrocknen und gewinnen, schon bearbeitet, dadurch um so größere Dauerhaftigkeit. Der Mörtel an Ruinen bricht deshalb mit den Mauersteinen gleichförmig durch, welches mehr der Zeit als alter Kunst beizumessen ist. Zeichenschiefer und Rothstein schreiben nicht mehr, wenn sie lange trocken liegen.

§. 10. Aus gleichem Grunde wird die Härte eines Körpers vermehrt durch Vermischung mit andern Festkörpern, wenn gegenseitige Anziehung der Theile Verdichtung bewirkt. (I, 34.) Bei nicht verdichtenden Mischungen theilt der härtere Körper dem weicheren einen Theil seiner Härte mit; aber bei verdichtenden ist es nicht selten der umgekehrte Fall, daß der Zusatz eines weicheren Körpers die Härte des härteren noch vermehrt. So macht z. B. ein Zusatz von Zinn sowol Silber als Gußeisen noch härter. Dieses Härten durch Mischung wird gar

Digitized by Google

häufig mit Nutzen angewendet. Der Abnutzung der Goldmünze kommt man durch Karatirung mit Silber oder Kupfer oder mit beiden zuvor, der des Silbers durch Legirung mit Kupfer. Kupfer macht man durch Zinn zu härterem Stückgut, Zinn durch Arsenik zu Hartzinn, Blei durch Spießglas zu Hartblei, Eisen durch Kole zu Stahl.

§. 11. Im entgegengesetzten Falle vermindert sich der Zusammenhang durch Auflockerung, wenn entweder Theile entweichen, welche Verdichtung bewirkt hatten, oder fremde Stoffe gleichsam schneidend eindringen. In beiden Fällen werden feste Körper mürbe und endlich gar lose. Beispiele der ersteren Wirkung sehen wir an dem Zerfallen des Glauberſalzes, des Alaunes, des Borares, des gebrannten Kalkes und Gypses, wobei innig verbunden gewesenes Wasser entweicht. Beispiele der letzteren giebt das Verwittern der Schwefelkiese und des Alaunsteines, des Olivins, Steinmergels und Mergelsandsteines, das Verwittern hoher Felsenmassen überhaupt, ingleichen das Verroſten des Eisens, Kupfers und Bleies, in welchen Fällen Sauerstoff oder Kolenstoffsäure eindringt. Das Erweichen des Thones, Leimes und Gummis im Wasser gehört ebendahin.

§. 12. Wenn feste Körper durch Schlagen zerstückt werden, bemerkt man, daß der Zusammenhang der Theile selten durch die ganze Masse gleichförmig, meistens nach gewissen Richtungen vereinzelt ist, was man das Gefüge, die Textur nennt. Man erkennt es an Erhabenheiten der neu entstandenen Bruchfläche, auch wol an der Gestalt der Bruchstücke. Einzelne Massen halten zusammen, während sie sich von der Umgebung trennen. Es sind die früher fest gewordenen Theile, die sich mithin länger verdichtet haben (I., 21.) und mehr erhärtet sind (II., 9.). Diese primitiven Theile finden sich zu regelmäßig ausgebildet, als daß ihre Entstehung dem Zufall beigemessen werden könnte. Ihre Beobachtung ist zur Erkennung und Unterscheidung der Körper nützlich, daher auch technisch wichtig. Man unterscheidet ein blättriges, fasriges und körniges Gefüge.

Digitized by Google

§. 13. Bei Festkörpern von blättrigem Gefüge sondern sich die Bruchtheile entweder in dünnen Blättern ab, wie beim Wallrath, beim Wasserblei und Reißblei, beim natürlichen Zinnober und Operment, beim Glimmer und Frauenеis, oder in stärkeren Blättern, wie beim Kalkspath, Schwerspath, Eisenspath u. s. w. An spathigen Steinarten bemerkt man parallelen Durchgang der Blätter, theils einfachen, theils mehrfachen. Bei dreifachem Durchgange sind die Bruchstücke Parallelepipeden, z. B. rechtwinklichte beim Steinsalz und Bleiglanz, schiefwinklichte beim Kalkspath. Fallen grobe, unebene Blätter ohne Glanz und Durchschein, so wird das Gefüge schiefrig genannt, z. B. beim Schieferweiß, Dachschiefer, Tafelschiefer, Mergelschiefer und Sandschiefer. Wenn die Blätter sphärisch oder cylindrisch gekrümmt über einander liegen, wird das Gefüge schalig genannt, wie bei Zwiebeln, Bast und Zimmet. Sehr harte Körper von blättrigem Gefüge lassen sich doch leicht und sicher nach dem Blätterdurchgang trennen, worauf das Spalten des Diamants und einiger anderen Edelsteine beruht.

§. 14. Wenn ein Körper fadenförmige Absonderungen in der Bruchfläche zeigt, nennt man ihn fasrig. Dieses Gefüge haben z. B. die beste (Blumen-) Seife, Holz, Fischbein, sublimirter Salmiak, Fasergyps, Amianth, Asbest, künstlicher Zinnober, Bimsstein u. a. Eine Abart dieses Gefüges ist das strahlige, wobei die Fasern sich von einem Centrum aus verbreiten und an Breite zunehmen, in welchem Falle die Bruchstücke sich keilförmig absondern, wie beim Gradirstein, Strahlkies, Spießglanz und den Zinnkrystallen des Metallmoors. Sehr grobfasrig brechende Körper heißen stänglich, wie der Griffelschiefer und manche Eisensteine.

§. 15. Wenn die Bruchfläche viele erhabene Punkte zeigt, nennt man das Gefüge körnig. Sind die Körner vielflächig und glänzend, so schimmern solche Körper, wie raffinirter Zucker, karrarischer Marmor, Alabaster und Sandstein. Rundkörniges

Digitized by Google

Gefüge zeigen Fischrogen, Körnerlack, Kartoffelstärke. Sind die Körner klein und ohne unterscheidbare Gestalt, so wird der Bruch erdig genannt, wie er bei Lackmuß, Weizenstärke, Kreide, Thon, Bol und Rothstein erscheint. Man unterscheidet noch das Grob- und Feinerdige. Meistens haben erdige Körper den geringsten Zusammenhang und sind zugleich zerreiblich, wie Erdarten.

§. 16. Wenn feste Körper kein deutliches Gefüge, sondern gleichförmige Dichtigkeit besitzen, wie Glas, so nennt man sie glasig, glasdicht, auch wol dicht schlecht weg. Die Bruchfläche ist dann mehrentheils glänzend, wenigstens eben, und läßt keine Erhöhungen wahrnehmen. Die Bruchstücke sind von unbestimmter Gestalt, aber mehr oder weniger scharfkantig. Wenn der Stoß, der die Trennung bewirkte, von einem einzelnen Punkte ausging, so erscheint die Bruchfläche kreiswellenförmig oder muschelig, wie beim Krystall, Glas, Bernstein, Porcellan, Feuerstein, Kopal und Pech. Zuweilen neigt sich der Zusammenhang zum blättrigen Gefüge und zeigt halbgelöste Scheibchen, in welchem Falle man den Bruch splittrig nennt, wie beim Horn und Hornstein.

§. 17. Bei gleichförmiger Dichtigkeit fester Körper ist doch zuweilen der Zusammenhang ungleichförmig, weil einige Theile sich durch Abkühlung oder Austrocknung schneller zusammengezogen haben als die daneben liegenden, wodurch eine Spannung zwischen beiden entstanden ist, welche den Körper in viele Stücke zerreißt, sobald eine äußere, oft schwache Erschütterung dazukommt. Man nennt solche Körper spröde. Glas, Pech, Gummi, Schwefel und krystallisirte Salze sind Beispiele der Sprödigkeit. Sie wird nützlich durch die Leichtigkeit, mit welcher spröde Körper zu Staub zerstoßen, pulverisirt werden. Beispiele großer Sprödigkeit sind folgende. In kalte Formen gegossene Schwefelstangen zerspringen schon hörbar, wenn man sie in der Hand erwärmt. Unabgekühlte Glasröhren von 2 — 3 Linien Glasdicke, die man mit einem Ende auf Sandstein bis zur Erwärmung schleift und

Digitized by Google

dann hinlegt, zerfallen nach einigen Sekunden von selbst in viele Brocken. Unabgekühlte weiße Glasflaschen, sogenannte Bologneserflaschen, widerstehen einem harten Schlage von außen, zerspringen aber, wenn man ein scharfes Steinchen hineinfallen läßt. In kaltes Wasser gefallene Glastropfen zerstäuben, wenn man die feine Spitze abbricht.

§. 18. Härte hebt die Sprödigkeit nicht auf, hat sie vielmehr oft zur Begleiterin. Das Ablöschen des glühenden Stahls im Wasser verdichtet ihn zur Härte und macht ihn spröde. Diese Zerbrechlichkeit des Stahls kann ohne Nachtheil der Härte nicht aufgehoben werden; doch mißt man meistens lieber einen Theil der Härte, zu welchem Ende man den Stahl nachläßt, d. h. durch schwaches Erhitzen die Spannung aufhebt. In vielen Fällen verbessert man die Sprödigkeit des Stahls durch Fütterung mit einem Kern von Eisen, oder Verstählung des Eisens. Vollkommener erreicht man denselben Zweck durch Zusammenschweißen abwechselnder Lagen von Stahl und Eisen zu Damascenerklingen, oder des Stahls mit Nickelmetall zu Fischers Meteorstahl.

§. 19. Diejenigen Körper, welche von ungleicher Spannung der Theile frei sind, mithin durch Erschütterungen nicht leicht aus ihrem Zusammenhange gesetzt werden, nennt man schwer zersprengbar, minder richtig auch wol: zäh. Die härteren davon werden nützlich als Material zu Mörsern, um spröde Körper darin mit Keulen zu zerstampfen, namentlich harte Holzarten, Gußeisen und Messing. Andre dienen zu Reibschalen, um zerreibliche Körper darin zu zermalmen, z. B. Porphyr, Serpentin, Porcellan und starkes, wolgekühltes Glas.

§. 20. Einige Körper geben dem Drucke harter Körper zwar nach, lassen sich aber nicht zermalmen, sondern verschieben sich in eine andere Gestalt bei wiederhergestelltem Zusammenhange. Man nennt sie dehnbar, streckbar, geschmeidig. Sie lassen sich unter dem Hammer in die Länge und Breite strecken, zu

Digitized by Google

Werkzeugen ausschmieden (daher: geschmeidig), unter harten Stempeln prägen, auf dem Treibkuchen treiben, auf Platten zu Blech und Folie schlagen, zwischen Walzen plätten. Die Metalle haben diesen Vorzug. Die minder dehnbaren nannte man vordem Halbmetalle. Das Gold besitzt die größte Dehnbarkeit. Ein Gran liefert 36 Quadratzoll Blattgold. Je reiner die Metalle sind, desto dehnbarer sind sie meistens; doch ist Messing dehnbarer als reines Kupfer. Wiederholtes Glühen nach dem Schlagen erneuert die Dehnbarkeit. Das Zerreißen der Folie vermeidet man durch Zusammenfalten (beim Stanniol) oder durch Einlegen in Taschen (Goldschlägerhaut, Pergament).

§. 21. Sehr weiche Körper, die zugleich Dehnbarkeit besitzen, gestalten sich nach härteren um, allenfalls nach dem Drucke der Hand. Sie werden formbar, plastisch genannt. Warmes Wachs und Pech, mit Wasser gekochter Schwefel, gestehendes Glas, gelöschter Gyps, erweichter Thon, Mehlteig, Kartoffel- und Reißteig, gemahlene Papier- und Ledermasse werden in dieser Hinsicht nützlich als Material zur Bildformerei, Töpferei und Stuckaturarbeit, zur Pastenbereitung und zum Abdrücken, zu welchen Zwecken sie sich um so besser eignen, wenn sie nach der Formung erhärten.

§. 22. Wenn nebeneinander liegende Theile fester Körper nach entgegengesetzten Seiten gedrückt werden, so widerstehen die meisten bis auf einen gewissen Punkt und brechen dann plötzlich. Man nennt dergleichen Körper starr oder unbiegsam. Fast alle Steinarten, die Erze und unreine Metalle sind mehr oder weniger starr, besonders in der Kälte. Hat man die Absicht sie zu zerbrechen, um technische Zwecke zu befördern, so wendet man schnellbewegten Druck (Stoß) an, um dem Nachgeben der Theile nicht Zeit zu lassen. Man benutzt Stützen, d. h. untergelegte Festkörper, als Druckkraft von der einen Seite, indem ihre Undurchdringlichkeit dem Stoße entgegenwirkt. Gewöhnlich werden zwei Stützen gebraucht, so daß der Stoß entweder zwischen oder neben ihnen wirkt.

Digitized by Google

§. 23. Andere Körper geben unter gleichen Umständen dem entgegengesetzten Drucke nach, ohne zu brechen, krümmen sich und beharren in der Krümmung. Man nennt sie biegsam. Gereinigte Metalle, erwärmtes Horn und andere Körper werden dadurch gemeinnützig. Die Biegsamkeit setzt eine doppelte Verschiebbarkeit voraus, indem die Theile des äußeren Bogens auseinander=, die des inneren übereinander geschoben werden, welches durch Ueberkleidung mit Firniß vor dem Biegen sichtbar gemacht werden kann. Ansehnliche Länge und Breite bei geringer Dicke mehrt die Biegsamkeit. In der Kälte werden alle biegsame Körper mehr oder weniger starr, einige sogar spröde, bei ungleicher Spannung. So zerspringen eiserne Laternenpfähle bei hartem Frost schon vom Fahren der Lastwagen auf dem Straßenpflaster.

§. 24. Der Zusammenhang fester Körper wird auch aufgehoben, wenn die gefaßten Enden auseinandergezogen werden, was man Zerreißen nennt. Körper, die leicht zerrissen, zerrupft werden, heißen mürbe, z. B. verrottetes Holz, alte Leinwand und andere Thier= und Pflanzenkörper, bei denen Entmischung und Auflockerung den Zusammenhang vermindert haben. In manchen Fällen erzielt man diese Verminderung zu technischen Zwecken, theils durch Ausziehung, wie beim Kochen des Fleisches und der Gemüse, theils durch Gährung, wie beim Ausfaulen der Hadern zum Papiermachen und bei dem Aushängen des Wildprets.

§. 25. Diejenigen Körper, welche dem Zerreißen mit größerer Kraft widerstehen, nennt man haltbar, und ihre Eigenschaft heißt Zusammenhalt, Kohärenz. Die Stärke dieser Kraft prüft man durch angehängte Gewichte, die vermehrt werden, bis sie das Zerreißen bewirken. Muschenbroek versuchte so den Zusammenhalt mehrer Holzarten, indem er Stäbe von gleicher Dicke senkrecht aufhing. Es wurden zerrissen: Büchenholz von 1250 Pf., Eschenholz von 1250 Pf., Eichenholz von 1150 Pf., Lindenholz von 1000 Pf., Erlenholz von 1000 Pf., Ulmenholz von 900 Pf., Tannenholz von 600 Pf. und Fichtenholz von

Digitized by Google

550 Pf., wonach man die Tragkraft der Balken bei Hängwerken beurtheilen kann.

§. 26. Die dehnbaren Körper widerstehen dem Zerreißen auf eine andere Weise, indem sie sich verdünnen, ehe sie reißen, weshalb sie auch beim Zerbrechen eine hakige Bruchform zeigen. Dieses macht die Vergleichung ihrer Kohärenz unsicher, weshalb die Resultate der Versuche Muschenbroeks und des Grafen von Sickingen nicht ganz übereinstimmen. Ersterer fand die Kohärenz der Metalle in folgendem Verhältniß: Eisen 1930, feines Silber 1156, Kupfer 638, Gold 578, englisches Zinn 188, Wismuth 85, Zink 83, Blei 25. Letzterer dagegen: Eisen 60, Kupfer 33, Platin 28, Silber 20, Gold 16. Sickingens Verhältniß ist wahrscheinlich richtiger und dient zur Beurtheilung der Stärke von Ketten, Krampen und Haken aus verschiedenem Metall. Verdichtung durch Schlagen vermehrt die Kohärenz der Metalle anfänglich, aber fortgesetztes Schlagen vermindert sie, weil der Einfluß der Luft das Metall mürbe macht. Deshalb müssen Ketten rasch ausgearbeitet werden, wenn sie ihre ganze Stärke behalten sollen. Unreines Metall hält eben deshalb weniger, wie z. B. Gußeisen.

§. 27. Thier- und Pflanzenfasern verlängern sich ebenfalls, ehe sie zerreißen. Auf diesem nachgebenden Widerstande beruht die Haltbarkeit der Gespinnste und Gewebe. Die Kohärenz der Fäden von verschiedener Gattung ist sehr ungleich. Unter allen hat die Seide den stärksten Zusammenhalt und liefert deshalb die besten Strickleitern. Ein Seidenfaden ist dreimal so stark als ein Flachsfaden von gleicher Dicke. Die Haltbarkeit des Hanfs verhält sich zu der des Flachses wie 3 zu 2. Kammwolle ist doppelt so stark als Flachsgarn; dagegen hat Baumwolle nur die Hälfte von der Haltbarkeit des Flachses. Alle fünf stehen demnach in folgendem Verhältniß: Seide 6, Wolle 4, Hanf 3, Flachs 2 und Baumwolle 1.

§. 28. Durch parallele Vereinigung vieler Fäden wächst die Haltbarkeit mit der Fädenzahl, welche Kraftvermehrung man bei

Digitized by Google

den Drahtseilen der Kettenbrücken angewendet hat. Bei kurzen Fäden ist sie freilich nicht anzubringen; man erreicht sie aber wenigstens zum Theil durch Zusammendrehen der Fäden zu Litzen und vieler Litzen zum Seile. So bestehen die stärksten Ankertaue, die 21 Zoll Umfang haben, aus 2250 Litzen, deren jede einzeln 100 Pf. trägt. Die vereinte Kraft solcher Taue schätzt man auf 200,000 Pf. Nach der Rechnung würde sie 25,000 Pf. mehr betragen; allein soviel geht durch den Umstand verloren, daß die äußeren Theile des Seiles mehr Spannung erleiden als die inneren, weshalb auch erstere zuerst zerreißen. Dieser Verlust wird um so größer, jemehr durch gewaltsames Zusammendrehen die Verschiebbarkeit der inneren Fäden aufgehoben wird. Zur Vermeidung dieses Starrwerdens hat man mit du Hamel die Regel angenommen, daß die Litzen durch das Zusammenseilen nur um $\frac{1}{5}$ verkürzt werden dürfen. Wirksamer ist das Zusammenseilen über Draht, den man nachher auszieht. Eben darin besteht der Hauptvorzug der schlauchförmig gewebten Seile von Calw und ihre gleiche Kraft mit gedrehten Seilen, die um die Hälfte mehr Gewicht haben.

§. 29. Bei gitterförmiger Durchkreuzung wächst die Tragkraft der Fäden ohne jenen Verlust mit der Fädenzahl, und bei diagonalem Zuge tragen die Querfäden mit den Längenfäden vereint. Hierauf beruht die Haltbarkeit der Gewebe. Dichtes Schlagen vergrößert ihre Stärke bis zu einem gewissen Punkte, dessen Ueberschreitung Steifigkeit und Brechen veranlaßt. Besser vermehrt man die Haltbarkeit wollener Tücher durch das Walken, welches jene in der Regel verdoppelt; denn durch das Stampfen im Walktroge werden einerseits die gedrehten Fäden aufgelockert, anderseits die losen Enden durch die lockeren Geflechte hindurchgeschoben, so daß sie nachher beim Recken mit widerstehen helfen. Beim Walken des Hutfilzes werden die Wollfäden durch Druck und Hitze gekrümmt und spiralförmig durcheinander geschoben, so daß nachher die Kohärenz eines einzelnen

Digitized by Google

Fadens mit jedem Ringe einmal, mithin sehr vervielfältigt dem Zerreißen widersteht.

§. 30. Diejenigen Körper, welche Zusammenhalt mit Dehnbarkeit in gleichem Grade verbinden, lassen sich zu langen Fäden ausdehnen, wenn man sie in der rund auspolirten Oeffnung eines harten Körpers zusammendrückt und zugleich vom andern Ende anzieht. Vom Ziehen werden solche Körper zäh, duktil, genannt. Sie zerreißen nicht, weil das Zusammendrücken der Verschiebbarkeit der Theile nachhilft. Die Zähigkeit der dehnbaren Metalle zeigt sich bewundernswerth beim Drahtziehen, wenn man die Vorsicht braucht den Draht stufenweise durch immer engere Löcher zu ziehen, nach jedem Zuge aber zu glühen, um die Dehnbarkeit zu erneuern, und in Talg abzulöschen, um den Einfluß der Luft (vgl. § 26.) zu vermeiden. Der Zähigkeit nach folgen die Metalle in dieser Ordnung: Gold, Silber, Eisen, Messing, Platin, Stahl, Kupfer, Tombak, Zink, Blei. Vom feinsten Silberdraht wiegen 73,600 Fuß ein Pfund, vom feinsten Eisendraht 12,000 Fuß, vom feinsten Messingdraht 10,000 Fuß.

§. 31. Daß bei dieser Ausdehnung keine Abstreifung der Oberfläche statt findet, vielmehr das Innere sich mit dem Aeußeren in gleichem Verhältniß ausstreckt, beweiset die erstaunenswürdige Dehnung des vergoldeten Silberdrahtes. Eine Cylinderstange von 45 Mark Silber, 22 Zoll lang und 15 Linien dick, wird nach Reaumur, mit einer Unze Gold vergoldet, nach und nach zu einer Länge von 1,320,000 Fuß ausgezogen und ist dabei noch überall vergoldet. Hierbei wird das Gold zu einem, aus vielen Drähten gleichsam vereinigten, Cylinder ausgedehnt. Die gleichmäßige Dehnung des Innern und Aeußeren wird durch das neuerlich von Wollaston erfundene Feinziehen des Platins und Stahles in der Patrone noch mehr bestätiget. Man gießt eine Silberstange und steckt einen starken Draht von Platin oder Stahl durch die Achse der Stange. Wird diese dann ausgezogen,

Digitized by Google

so kann der innere Kern dadurch zur Feinheit des Silberdrahtes gebracht werden, worauf das Silber vom Platin mit Scheidewasser, vom Stahl mit Queckſilber abgelöſt wird.

§. 32. Der Zuſammenhang zeigt ſich endlich bei manchen feſten Körpern nicht blos als Widerſtand gegen die Trennung der Theile, ſondern auch als bewegende Kraft die man im Allgemeinen mit dem Ausdruck Elaſticität bezeichnet. Dieſe Körper geben vermöge einer beträchtlichen Verſchiebbarkeit ihrer Theile der äußeren Kraft des Zuſammendrückens, Beugens oder Ziehens nach und nehmen eine andere Geſtalt an, beharren aber nicht in derſelben, ſondern kehren vermöge der freigelaſſenen innern Kraft des Zuſammenhanges plötzlich zu ihrer vorigen Geſtalt zurück, ſobald die äußere Kraft zu wirken aufhört. Nach Verſchiedenheit der Umſtände dabei, vornehmlich auch der Anwendungen, welche die Künſte von dieſer wunderbaren Eigenſchaft machen, unterſcheiden wir drei Arten oder Aeuſſerungen der Elaſticität, die Springkraft, Federkraft und Schnellkraft.

§. 33. Einige Körper laſſen ſich durch äußeren Stoß platt drücken oder zeigen für den Augenblick Dehnbarkeit (§. 20.), dehnen ſich aber nach dem Drucke von ſelbſt wieder aus. Am deutlichſten äußern ſie dieſe Kraft, wenn man ihnen die Geſtalt einer Kugel gab, z. B. Bälle von Kautſchuck, Wolle oder Roßhaar, Kugeln von Kork, Holz, Elfenbein. Die Plattdrückung der letzteren Körper wird leicht anſchaulich gemacht, wenn man ſie auf eine mit Talg überzogene Marmorplatte fallen läßt, auf welcher ſie kreisförmige Abdrücke hinterlaſſen, wiewol ihre Kugelgeſtalt die Ebene nur in einem Punkte zu berühren ſchien. Die Kugelgeſtalt wird aber ſogleich wiederhergeſtellt und der gefallene oder geworfene Körper ſpringt zugleich von der harten Ebene zurück. Dieſe Springkraft hat ihren Grund in der ſchnell wiederhergeſtellten Kugelgeſtalt. Wenn die Kugel A (Fig. 2) gegen die Wand a b geworfen wird, ſo haben in dem Augenblicke, da beide ſich in c berühren, die Theile bei d und e noch Stoßkraft

Digitized by Google

und setzen ihren Weg so lange fort, als der Stoß vermag die Theile d c und e c zusammenzudrücken, so daß ein Kugelabschnitt zur Ebene wird. Durch innere Spannung wird aber die Ebene wiederum zum Kugelabschnitt, welcher die Wand nur noch im Punkte c berühren kann. Daher die Rückbewegung. Je größer die Springkraft ist, desto mehr wird die Kugel platt gedrückt und desto weiter kehrt sie zurück, weiter noch, wenn die Wand a b selbst elastisch ist. Bei geringer Springkraft sagt man, daß ein Körper abpralle. Körper ohne Springkraft werden wol platt gedrückt, wenn sie weich sind, fallen aber ohne Rückstoß ab, wie z. B. eine auf Stein abgeschossene Bleikugel.

§. 34. Springkräftige Körper von Kugel-Gestalt werden von ebenen Wänden nach bestimmten Gesetzen zurückgeworfen. Geschieht der Anwurf in senkrechter Linie c f, so erhalten die Seitenmassen d und e gleiche Spannung und die Kugel kehrt in ebenderselben Linie zurück. Geschieht dagegen der Anwurf in schiefer Richtung g c, so werden die Theile am spitzen Winkel um e stärker zusammengedrückt und diese ungleiche Spannung bewirkt, daß die Kugel nach der entgegengesetzten Seite in der Richtung c h zurückgeworfen wird. Der Winkel des Zurückprallens a c h ist dem Winkel des Einfallens g c b gleich, wenn die Kugel gleichförmig dicht ist, nicht aber, wenn man z. B. ein Stück Kautschuck und eine Fischblase durch Umwickeln mit Wolle zum Verir-Balle vereiniget. Jenes regelmäßige Zurückspringen bei gleichförmiger Dichtigkeit läßt uns den Rückweg berechnen und nach dem Augenmaße bestimmen, woraus das Vergnügen der Wurfspiele entspringt. Beim Ballspiel ist es die ebene Fläche der Wand, beim Billardspiel die Kugelfläche, beim Kegelspiel die Cylinderfläche, deren zurückstoßende Wirkung wir im voraus ahnen.

§. 35. Einige Körper zeigen sich biegsam unter gegenseitigem Drucke (§. 23), strecken sich aber nach dem Drucke in die vorige Gestalt, indem die gespannten Theile des äußeren Bogens sich zusammenziehen, die gedrückten des inneren sich wieder ausdehnen.

Digitized by Google

Von den Federn der Vögel nennt man diese Eigenschaft Federkraft, die Körper aber, denen sie beiwohnt, federhart. Außer den Federn sind Fischbein, Holz, Kork und Wolle vorzüglich federkräftig, und von Natur. Der Stahl, welcher unter allen Körpern die größte Federkraft besitzt, ist an sich nur gemeinbiegsam und erhält sie erst dann, wenn man ihn glühend plötzlich abkühlt, wobei er krystallinisches Gefüge annimmt, mit welchem jene Kraft im Zusammenhange steht. Manche Körper, die an sich starr sind, erhalten Federkraft durch schwaches Glühen, z. B. körnige Kalksteine und Sandschiefer; andere durch Verwitterung, wie der Asbest. Einen geringeren Grad von Federkraft besitzen alle klingende Körper.

§. 36. Die Federkraft eines Körpers zeigt sich um so deutlicher, wenn seine Länge die Dicke weit übertrifft, in welchem Falle die inneren Theile der Biegung weniger widerstehen. Dann wird geringe Federkraft schon merklich, wie z. B. an dünnen Riegeln von karrarischem Marmor und Alabaster, an den holländischen Thonpfeifen, gesponnenem Glase, Hornspähnen und zu Draht gezogenen Metallen. Wolle, Tang, gekräuseltes Roß- und Schweinshaar bewähren vornehmlich durch ihre Länge die ausnehmende Federkraft, welche sie zu Polstern und Matratzen brauchbar macht. Auch dem Stahle giebt man deshalb Draht- oder Bandform, um seine Federkraft in der Mechanik zu benutzen, und nennt ihn in dieser Gestalt eine Stahlfeder. Ihre Kraft nimmt mit der Breite ab und zu, weil die doppelt breite gleich zweien wirkt. Die besondere Gestaltung der Schloßfedern, Springfedern und Spiralfedern richtet sich nach dem technischen Zwecke.

§. 37. Der ausgebreitete technische Nutzen der Federkraft zur Wiedereinrichtung verschobener Theile würde noch größer seyn, wenn sie beständiger wäre; sie zeigt aber in allen Fällen eine merkliche Abnahme mit der Zeit, indem sie theils in Starrheit, theils in gemeine Biegsamkeit übergeht. Die Ursachen dieser Abnahme sind verschieden. Gestopfte Kissen legen sich wegen

Digitized by Google

Verfilzung des Haars und fordern Auflockerung, welche durch Springfedern nicht für lange Zeit bewirkt wird. Schwungbäume von Holz werden starr durch Austrocknung, Korkstopfen durch Verrotten. Stahlfedern werden hauptsächlich durch den Einfluß feuchter Luft und durch Rosten gemeinbiegsam, weshalb es nützlich ist sie mit Firniß zu überziehen. Fettes Oel schützt sie, vermehrt aber das Uebel, wenn es ranzig wird.

§. 38. Einige feste Körper besitzen Zähigkeit (§. 30) indem sie sich lang ausziehen lassen, zugleich aber die Kraft, nach dem Zuge sich wieder zusammenzuziehen, sogar mit Gewalt zurückzuschnellen, also Schnellkraft, Kontraktilität. Wir bemerken diese Eigenschaft am Federharze, an geräuchertem Oelfirniß, an thierischen Sehnen, am Leder, am Roßhaar und Haarseilen, in geringerem Grade an Metalldrähten, seidnen und hanfnen Schnuren. Werden diese Körper überspannt, so zerreißen sie mit einem Knalle und die Enden ziehen sich um so heftiger zusammen. In großer Stärke zeigt sich diese Kraft am Stahldraht, wenn er in der cylindrischen Spirallinie (um einen andern Draht) gewunden und gehärtet wird, in der größten aber an der lebenden Muskel. Die Schnellkraft wird von der Kunst zu nachgebenden Festhaltern benutzt. Elastische Drahtgurte, Riemen, seidene Schnuren, Darmseile, Leder und Blase werden dazu häufig angewendet.

§. 39. Darmseile äußern eine gewaltige Schnellkraft, wenn man sie scharf anspannt, an beiden Enden festhält, die Mitte dann aus der geraden Linie zum Winkel dehnt und wieder freiläßt. Die urplötzliche Verkürzung der zurückschnellenden Sehne ward vor Erfindung des Schießpulvers, und wird noch von vielen Völkern, als Treibkraft des Geschosses benutzt. Beim Gebrauche des Bogens und der Armbrust wird die Schnellkraft der Sehne mit der Federkraft des Bogens zu demselben Zwecke vereiniget. Die Gewalt des Zurückschnellens wächst mit der Zahl der zusammengeseilten Sehnen und ward in der Kriegskunst der Alten bis zur Kraft des schweren Geschützes gesteigert; denn die

Digitized by Google

Katapulte der Syrer schleuderten Balken und zentnerschwere Steine gegen den Feind.

§. 40. Gespannte Sehnen und Metalldrähte gerathen durch Dehnung, Reibung oder Anschlagen vermöge ihrer Schnellkraft in schwirrende Bewegung, von welcher die Tonkunst bei den Saiteninstrumenten Gebrauch macht. Jene in entgegengesetzten Bogen hin und her schwingende Bewegung, welche die Luft ertönen macht, ist aber nicht alleinige Wirkung der Schnellkraft, weil sonst die Saite beim ersten Zurückschnellen in der geraden Linie stehen bleiben würde. Die durch die Bewegung selbst erlangte Stoßkraft treibt die Saite in den entgegengesetzten Bogen, bis endlich der Widerstand der Luft die Wirkung aufhebt.

§. 41. Wenn der Zusammenhang eines Körpers schwächer ist als die Schwerkraft der Theile (vgl. §. 3) so wird durch diese jener überwunden, die überhängenden Theile rollen auseinander und fließen ab, so lange sie tiefern Raum finden. Wir nennen solche Körper flüssig, liquid, ihren Zustand Flüssigkeit. Sonst bezeichnet: Flüssigkeit auch wol eine Art des Flüssigen. Wenn gleich der Zusammenhang im Flüssigen als eine überwundene Kraft erscheint, so ist er darum doch nicht aufgehoben, sondern äußert sich wirksam in folgenden Erscheinungen.

§. 42. Wenn keine äußere Anziehung entgegenwirkt, zeigen flüssige Körper ein Bestreben sich in Kugelform zusammenzuziehen, indem die Kugel unter allen Körpern gleiches Inhalts die kleinste Oberfläche hat, mithin die zahlreichste innere Berührung der Theile darbietet. Man nennt diese Kugeln Tropfen, und die Flüssigkeit wird davon auch zum Unterschiede von der Luftform Tropfbarkeit genannt. Die Tropfenbildung zeigt Wasser auf einer Wachsscheibe, Oel auf nassem Holze, Queckſilber auf Holz, Wasser innerhalb Oel gerüttelt, Wachs oder Phosphor in heißem Wasser, Queckſilber in Oel oder Wasser. Sie findet auch statt, wenn ein flüssiger Körper innerhalb eines losen, den er nicht anzieht, schnell bewegt wird. Darauf beruht das Körnen,

Digitized by Google

Granuliren, geschmolzener Metalle in der mit Holzmehl, Kolenstaub, Kreide u. dgl. gefüllten Granulirbüchse, die man bis zum Erstarren des Metalles schwinget. In Luft und Wasser bewegt bilden sich die Metallkugeln noch regelmäßiger aus, wie bei der Bereitung des Bleischrotes.

§. 43. Das Flüssige zeigt außerdem Zusammenhang durch den Widerstand, welchen es leistet, wenn Körper sich in ihm bewegen. Er ermüdet beim Schwimmen im Wasser. Er zeigt sich bei Erschütterungen am Wellenschlagen, indem Tropfenringe sich über andere wälzen. Er entkräftet den Stoß unter Wasser. Einer sehr schnellen Bewegung widersteht das Flüssige sogar gleich einem festen Körper, weil die Verschiebung der Theile immer eine gewisse Zeit erfordert, die sie dann nicht haben. So rollt ein kräftig geworfener Stein, eine beinah wagerecht abgeschossene Kugel, weit auf der Wasserfläche hin, springt mehrmals ab, wie von hartem Boden, und reicht weiter als im Hochwurfe, wie denn Scharfschützen durch Prellschüsse über Wasser oft außer der Schußweite verwunden.

§. 44. Nach der Stärke jenes Widerstandes unterscheiden wir mehre Arten der Flüssigkeit. Wenn ein flüssiger Körper schnell abfließt, dünne, leicht vergehende Wellen schlägt und darin bewegten Körpern wenig widersteht, auch sehr kleine Tropfen bildet, so nennt man ihn dünnflüssig, z. B. Wasser, Weingeist, Terpentinöl. Der geringe Zusammenhang der Theile macht, daß solche Körper leicht durch lockere dringen und leicht zu filtriren sind. In der Regel sind es die weniger zusammengesetzten, d. h. aus gleichartigen Theilen bestehenden Flüssigen.

§. 45. Wenn ein flüssiger Körper stärkeren Zusammenhang zeigt, langsam (säumig) abfließt, große Tropfen bildet, dicke und träge Wellen schlägt, so wird er seimig genannt. Diesen Grad der Flüssigkeit besitzen der Honigseim, Haferseim und Graupenseim, Kraftbrühe, versüßte Liqueurs, insbesondere auch die fetten Oele, weshalb man ehedem manche Substanzen Oele

Digitized by Google

genannt hat, wiewol sie den Oelen nur in der Flüssigkeit ähnlich sind, als z. B. Vitriolöl, Weinsteinöl, Kieselöl, Kalköl, Arseniköl, Queckſilberöl. Die Seimigkeit ist technisch wichtig als Merkmal gesättigter Auflösungen. Sie zeigt sich unter andern daran, daß Tropfen, welche auf die Oberfläche des Flüssigen fallen, darauf herumtreiben, ehe sie einfließen, wie beim Durchseihen der Liqueurs.

§. 46. Flüssige Körper von noch stärkerem Zusammenhange fließen so langsam ab, daß man sie um einen Stab wickeln kann. Sie zeigen weder Tropfenbildung noch Wellenschlag, sondern ründen und wälzen sich in ganzer Masse. Beim Umrühren leisten sie den merklichsten Widerstand. Man nennt sie dickflüssig, wie z. B. geschmolzenes Pech, Theer, Oelfirniß, gesottenen Zucker, Syrup, frisch bereitete Seife u. s. w. Sie machen den Uebergang zu den weichen und plastischen Körpern der festen Form §. 21.

§. 47. Von der Dickflüssigkeit verschieden ist ein gewisser Zustand der Halbflüssigkeit, da festgewordene Theile von netzartigem Zusammenhange mit flüssigen abwechseln und letztere umhüllen. Die Entstehung dieser Form nennt man das Geliefern. Ein solcher Körper läßt sich in kantige Stücke zertheilen, die Elasticität besitzen und bei der leisesten Berührung erzittern. Man nennt ihn Gallert, Gelé, und braucht demnach diesen Ausdruck hier in weiterem Sinne als in der Chemie. Beispiele sind: Bratengallert, Hirschhorngallert, Elfenbeingelé, mit Zitronsaft versetzte Fleisch- und Fischbrühe, in Branntwein erweichte Hausenblase, in Wasser gequollener Leim, mit Salzsäure ausgezogene Knochen, in Terpentinöl aufgeweichtes Federharz, saure Milch, Kleister, Weichseife u. s. w.

§. 48. Seimige Körper zeigen oft eine ausnehmende Zähigkeit und übertreffen darin die festen Körper, indem sie sich zu langen Fäden ausziehen, auch durch eingeblasene Luft in weite Blasen ausdehnen lassen. Gesättigtes Seifenwasser, geschmolzenes Harz, flüssiges Glas, gesottener Zucker, Terpentin und Vogelleim sind Beispiele davon. Man nennt solche Flüssige fadenziehend,

Digitized by Google

viscid, in einigen Fällen auch wol lang, z. B. Wein, Bier und Milch. Wenn man Geigenharz über schwachem Kolenfeuer zerläßt und feingeschnittenes Federharz unter stetem Umrühren darin auflöst, so läßt sich ein Tropfen davon, irgendwo angehängt, mit einer Nadel 36 Fuß lang und so fein ausziehen, daß man den Faden nur im Sonnenscheine gewahrt.

§. 49. Die Natur bereitet eyweißartige Säfte, die eine wunderbare Zähigkeit besitzen. Der Spinnsaft der Spinnen, der Steckmuschel und des Seidenwurms zeigt daneben eine gewisse Schnellkraft, vermöge deren die Spinne an ihrem Faden auf und absteigt, die Steckmuschel aber der Brandung trotzt. Dieselben Säfte, an der Luft zu Faserstoff verdichtet, geben uns in der Seide die haltbarsten Gespinnste. Auch das Pflanzenreich liefert ähnliche Säfte, z. B. im Marksafte des Seegrases (Zostera marina). Wenn man die trocknen Blätter desselben in Seifenwasser aufweicht und dann ausreckt, so zerreißt die grüne Rinde und im Bruche erscheinen 25 glänzende weiße Fäden, die sich einige Zolle lang parallel ausdehnen lassen, — ein Stoff zu baltischer Seide, wenn er zu enthüllen wäre.

§. 50. Die dritte Form des Körperlichen (vgl. §. 2) zeigt sich da, wo die Dehnkraft (vgl. I, §. 13) die Verdichtungkraft weit überwiegt, so daß die Schwerkraft der Theile, welche das Flüssige trennt, hier zu Hülfe kommen muß, die Masse zusammenzuhalten. Wir nennen solche Körper luftförmig, dehnsam flüssig. Man unterscheidet zwei Arten der Luftform, jenachdem ein Körper entweder beständig in derselben beharrt oder unter gewissen Umständen zur festen oder flüssigen Form übergeht. Im ersten Falle nennt man die dehnsamflüssigen Körper Luft- oder Gasarten, im letzteren Dämpfe oder Dünste. Diese Unterscheidung gilt aber nur im Allgemeinen und ist durch neuere Erfahrungen unsicher geworden, indem manche Gasarten durch ungeheuren Druck zu tropfbarer Flüssigkeit gebracht werden können, andere nur in verschlossenen Gefäßen gasig bleiben.

Digitized by Google

§. 51. Der Zustand der Luftform läßt kaum die Aeußerung eines Zusammenhanges erwarten; doch giebt sich ein solcher deutlich zu erkennen durch den Widerstand, welchen die Luft bewegten Körpern entgegensetzt. Er offenbart sich dem Gemeingefühl als Wind, wenn bewegte Luft auf ruhende Körper trifft, oder bewegte Körper die ruhende Luft durchbrechen. Ein Theil dieses Widerstandes der Luft kommt freilich auf Rechnung der Schwere. Er nimmt zu mit der Größe der Fläche, welche feste Körper der Luft darbieten, weshalb geworfene Körper die Luft um so leichter durchschneiden, je dichter sie sind, z. B. Bleikugeln weiter gehn als Kugeln von Zinn oder Eisen. Sehr lockere Körper kann man darum nicht weit werfen. Aus demselben Grunde läßt man sich mit Fallschirmen langsam herab. Windmühlenflügel würden sich schwerfällig bewegen, wenn man sie nicht so stellte, daß sie dem Winde die Fläche zukehren, der zu durchschneidenden Luft aber die Schärfe. Was der dargebotenen Fläche an Größe abgeht, kann durch Schnelligkeit der Bewegung ersetzt werden, um größeren Luftwiderstand zu veranlassen, vermöge dessen der Vogel sich gegen das Gesetz der Schwere erhebt.

§. 52. Außer jenem Widerstande lassen noch andere Umstände auf einigen Zusammenhang der Luftform schließen. Ohne Zusammenhang würde die Luft innerhalb des Flüssigen in jeder möglichen Gestalt erscheinen; aber sie bildet sich darin zu kugelförmigen Blasen, welches Neigung zur Tropfbarkeit verräth. Ohne allen Zusammenhang der Theile würde die Luft die Zwischenräume der dichteren Körper durchdringen, nicht durch Glas oder Metall zurückgehalten werden; aber ihr Zusammenhang macht sie sperrbar und unterscheidet sie dadurch von den allereinfachsten Stoffen, (I, 16.) Potenzen, deren Dehnsamkeit nichts widersteht.

Digitized by Google

III. Anziehung.

§. 1. In vielen Fällen wird, wenn zwei Körper in unmittelbare Berührung gebracht werden, ein Bestreben beider bemerkbar, zusammenzubleiben und sich zu Einem Körper zu vereinigen. Wir nennen dieses Bestreben Anziehung, Attraktion, unterscheiden aber zwei Arten derselben, äußere und innere Anziehung, jenachdem sie oberflächliche oder durchdringende Wirkung hat.

§. 2. Wenn ein Körper den andern, der ihn berührt, an sich hält und der Entfernung desselben Widerstand leistet, so nennt man dieses äußere Anziehung, Flächenanziehung, Anhaften, Adhäsion. Viele betrachten das Anhaften als eine andere Aeusserungart derselben Kraft, welche die Ursach des Zusammenhanges ist. Wir bemerken es an festen, flüssigen und gasigen Körpern, sowol unter sich als unter einander, als Ursach von mancherlei Erfolgen.

§. 3. Daß feste Körper an festen haften, gehört zu den alltäglichsten Erscheinungen, auf die wir eben deshalb weniger achten. Es zeigt sich an dem Bestäuben der Körper. Bestreut man eine hole Glaskugel, oder sonst einen glatten, trocknen, nicht klebrigen Körper mit einem andern, der zum feinsten Staube zermalmt ist, so wird ein Theil des Staubes hängen bleiben und beim Umwenden nicht abfallen, also durch eine Kraft festgehalten, welche stärker ist als seine Schwere. Es ist gleichgültig, welche Art von Staub man zum Versuche wählt; mithin ist das Anhaften als eine gemeinsame Kraft des Festen zu betrachten. Jedoch zeigt eine empfindliche Wage an, daß von einer Art Staub mehr festgehalten wird als von andern.

§. 4. Auch feste Körper von gleicher Größe haften merklich an einander, wenn sie sich mit ebenen Oberflächen berühren, z. B. zwei matt geschliffene Glasplatten, Marmorplatten, Messingplatten oder Eisenplatten. Die zu diesem Versuche bestimmten Adhäsionplatten müssen ganz dünn und in der Mitte mit Griffen versehen seyn. Man drückt sie zusammen und schleift sie

Digitized by Google

an einander, um die dazwischen befindliche Luft herauszutreiben. Leicht verschiebt man sie aneinander; aber dem senkrechten Zuge widerstehen sie um so kräftiger. Sind sie groß und dünn genug, so trägt eine die andere, und man muß Gewichte anhängen um sie zu trennen.

§. 5. Bei Plattenpaaren von gleicher Art steht die Kraft der Adhäsion, welche durch die zur Trennung nöthigen Gewichte geschätzt werden kann, nach Achards Versuchen in gleichem Verhältniß mit der Größe der Flächen und wächst mit der Quadratzahl der Durchmesser. Wenn man runde Messingplattenpaare von gleicher Dicke und von 1, 2, 3, 4, 5 .... Zoll Durchmesser vergleichend versucht, so verhalten sich die erforderlichen Gewichte wie 1, 4, 9, 16, 25 u. s. w. Dagegen steht bei Plattenpaaren von ungleicher Art die Kraft des Anhaftens nicht in demselben Verhältniß, überhaupt in keinem festem. Im Allgemeinen kann man wol sagen, daß die dichteren Körper stärker an ihres Gleichen haften, weil sie in der gleichen Fläche mehr berührende Theile zählen. So hängen Metallplatten stärker an einander als Glasplatten, diese stärker als Holzplatten. Bei lockeren Körpern ist das Anhaften überhaupt kaum zu spüren. Wenn man dagegen eine Bleikugel auf einem Holzblock mit Messer und Beil auf Einen Schnitt in zwei Hälften zerschneidet, diese dann mit der ebnen Schnittfläche zusammendrückt und in entgegengesetzter Richtung dreht, so halten sie einander fest mit einer Kraft, welche die anderer Metalle weit übertrifft.

§. 6. Körper von gleicher Art zeigen stärkeres Anhaften als Körper von ungleicher Art. So haftet eine Glasplatte stärker an einer Glasplatte als an einer Messingplatte oder Eisenplatte und Eisen haftet mehr an Eisen als an Messing. Die Ursach davon liegt ohne Zweifel in dem verschiedenen Gefüge der Körper, welches zur Folge hat, daß bei gleichartigen Platten mehr Theile aufeinandertreffen und in unmittelbare Berührung kommen. Durch diesen Umstand unterscheidet sich die äußere Anziehung

Digitized by Google

wesentlich von der inneren. Die Kunst zieht davon manchen Vortheil. Man weiß, daß Hähne weit fester sitzen, wenn die Mutter von ebenderselben Masse ist. Maschinentheile bewegen sich weit leichter aneinander, wenn sie von ungleicher Masse sind. Darum läßt man Zapfen von Stahl oder Eisen gern in Zapfenlagern von polirtem Stein oder Glockenmetall umlaufen, um die Bewegung zu erleichtern; denn das Anhaften ist eine der bei der Friktion zusammenwirkenden Kräfte.

§. 7. Wenn weiche oder zerreibliche Körper andere Körper von größerem Zusammenhange berühren, so trennen sich Theile von ersteren und werden von letzteren fest gehalten, was man Abfärben nennt. Das Anhaften überwindet dabei einen geringen Zusammenhang. Innigere Berührung, durch Andrücken und Reiben bewirkt, befestiget die anhängenden Theile, worauf das Schreiben und Zeichnen mit trocknen Massen beruht. Man wählt dazu sehr ungleich gefärbte, vornehmlich aber solche Massen, welche vorzüglich starke Adhäsion gegen einander zeigen (vergl. §. 3). Man schreibt daher mit Graphit auf Pergament, mit Rothstein und Pastellstiften auf Papier, mit Kreide auf Holz, mit Griffelschiefer auf Tafelschiefer, mit Speckstein auf Tuch oder Glas.

§. 8. Weiche und zugleich dehnbare Körper werden, wenn man sie an härtere anstreicht, durch die Kraft der Adhäsion zur feinsten Folie ausgedehnt, die an dem harten Körper sitzen bleibt. Darauf beruht die Zeichnung auf Pergament mit Stiften von feinem Silber, Zinn oder Blei. Dieselbe Wirkung benutzt man zur Schätzung der Feinheit des Goldes und Silbers auf dem Probirstein, einem schwarzem Kieselschiefer, dessen harte, etwas rauhe Fläche das Metall gleichsam abfeilt und die anhängende Folie in ihrer eigenthümlichen Farbe darstellt. Man vergleicht diese Farbe mit der eines daneben gemachten Striches von einem Stifte (Schlüssel), dessen Feinheit bekannt ist, auch wol mit mehren solchen Schlüsseln, bis man denjenigen gefunden hat,

Digitized by Google

dessen Farbe ganz übereinstimmt. Auf demselben Grunde beruht die trockne Vergoldung mit Goldzunder.

§. 9. Feste Körper, welche weich und zugleich zäh sind, äußern unter allen die stärkste Adhäsion zu andern Körpern, weil die Zähigkeit das Losreißen der Theile verhindert. Man nennt solche Körper klebrig, wie z. B. Wachs, Pech und Firniß. Ihr Nutzen zu Heftpflastern ist bekannt. Die stärkste Adhäsion entsteht natürlich bei Berührung zweier klebrigen Körper. Wenn man zwei Stück neues Wachstuch mit der Firnißseite zusammenlegt und mit Gewichten beschwert oder zwischen Walzen durchgehen läßt, so vereinigen sie sich so fest, daß man sie leichter zerreißen als trennen kann. Dieses verstärkte Anhaften hat ungemein wichtigen technischen Nutzen bei Bearbeitung des Eisens, Stahles und Platins, welche drei Substanzen die Eigenschaft gemein haben in hoher Glut klebrig zu werden. Wenn man dann Eisen mit Eisen, oder Eisen mit Stahl, oder eines derselben mit Platin durch Schlagen mit dem Hammer zusammendrückt, oder schweißt, so vereinigen sie sich für immer zu einem Ganzen. Glühendes Glas hat dieselbe Eigenschaft, vermöge deren man Halsringe, blaue Ränder und Henkel ansetzt.

§. 10. Flüssige Körper von gleicher Art zeigen in jedem Falle äußere Anziehung, indem sie sich in jeder Menge ohne Absonderung vereinigen. Nähert man zwei Wassertropfen auf Wachspapier bis zur Berührung, so vereinigen sie sich als zwei Halbkugeln zu einer ganzen, welches sichtbar wird, wenn sie verschieden gefärbt waren. Ebenso zwei Tropfen Oel, Queckſilber. Flüssige Körper von verschiedener Art vereinigen sich in vielen Fällen auf eben dieselbe Weise und werden dann ungeachtet ihrer chemischen Verschiedenheit gleichartig, homogen genannt. So vereinigen sich z. B. Wasser mit Weingeist, Säuren und Pflanzensäften, Oele mit anderen Oelen, flüssige Metalle mit flüssigen Metallen, und lassen sich ohne Schwierigkeit vermischen.

Digitized by Google

§. 11. Zuweilen zeigen aber Flüssigkeiten verschiedener Art gar keine äußere Anziehung, lassen sich höchstens mengen, bleiben aber deutlich abgesondert. Wenn ihre Tropfen sich berühren, fließen sie nicht zusammen. Man nennt solche Körper fremdartig, heterogen. Beispiele sind Wasser und fette Oele, Wasser und Queckſilber, Queckſilber und Oel, gesättigte Salzlösungen und Weingeist. Schüttelt man sie durch einander, so trennen sie sich sehr bald wieder und die gleichartigen Theile vereinigen sich. Die Kunst zieht oft Vortheil von dieser Fremdartigkeit. Beim Buchdrucken feuchtet man das Papier mit Wasser an, damit die ölige Druckfabe nicht eindringe. Beim Steindruck netzt man entweder den Stein mit Wasser, damit die Oelfarben, mit denen man druckt, nur an den mit Firniß gezeichneten Figuren haften, oder man netzt den Stein mit Oel, wenn man mit Wasserfarben druckt. Die Wasservögel schützen ihr Gefieder vor der Nässe durch Oel, welches sie sich mit dem Schnabel ausdrücken. Das vormals übliche Laudiren wollener Tücher mit Baumöl hatte nebenbei denselben Zweck.

§. 12. Flüssige und feste Körper äußern häufig Anziehung in der Berührungsfläche. Wenn man Adhäsionplatten (§. 4) mit dem Ringe an einem Faden aufhängt und so auf eine Wasserfläche niederläßt, so werden sie vom Wasser fest gehalten und es bedarf eines stärkeren Zuges, um sie wieder loszureißen. Nimmt man eine Wage mit platten Schalen von Messing zu dem Versuch und drückt die eine Schale auf die Wasserfläche herab, so muß man Gewichte in die andere legen, um die Wage wieder frei zu machen. Auf Queckſilber hängen Metallplatten mit verschiedener Kraft, nach Morveau in diesem Verhältniß: Gold 446, Silber 429, Zinn 418, Blei 397, Wismuth 372, Zink 204, Kupfer 142, Antimon 126, Eisen 115.

§. 13. Wenn ein anhaftender Festkörper von dem Flüssigen losgerissen wird, so werden, wie beim Abfärben (§. 7) Theile des Flüssigen mit losgerissen und bleiben am Festen hängen. Man

Digitized by Google

nennt den festen Körper dann naß, benetzt, die Erscheinung das Naßmachen. Anfänglich wird mehr losgerissen, als der feste Körper halten kann, und der Ueberfluß läuft ab, so wie die Schwere Zeit gewinnt auf ihn zu wirken. Von zähem Flüssigen wird am meisten festgehalten, woran seine Zähigkeit eben beobachtet wird. Darauf beruht eine hie und da übliche Marktprobe der Milch. Man taucht polirte Stahlcylinder in dieselbe. Wenn beim Herausziehen die Milch in großen Tropfen hängen bleibt, erkennt sie der Marktmeister für gut; außerdem urtheilt er, daß sie mit Wasser verdünnt sey. Auf ähnliche Weise schätzt man die Stärke des Spiritus und der Liqueurs nach dem Anhaften, ob sie nämlich in Strähnen vom Glase ablaufen, wenn man sie schwenkt.

§. 14. Wenn Flüssiges von einiger Zähigkeit auf der Oberfläche fester Körper, zu denen es Anziehung hat, herumgeführt wird, so bewirkt die Adhäsion, daß es sich in Fäden ausdehnt, so lange der führende Körper mit dem anderen festen in Berührung bleibt, und daß die Fäden auch beim Eintrocknen an der Fläche haften. Darauf beruht das Schreiben mit Feder und Tinte, das Malen, Anstreichen und Lackiren mit dem Pinsel. Die Zähigkeit des Flüssigen darf nicht bis zur Viscidität (II, §. 48) steigen, damit der Faden beim Abheben loslasse, weshalb man sie durch Verdünnung mit Wasser oder Oel vermindert. Der Festkörper darf bei Wasserfarben nicht fettig, bei Oelfarben nicht naß seyn (§. 11).

§. 15. Geschmolzene Metalle machen feste Metalle naß, zu denen sie Anziehung haben, und haften auch nach dem Erstarren als Folie an ihnen fest, worauf viele technische Arbeiten beruhen. Bei der Vergoldung des Silbers und Versilberung des Kupfers oder Messings im Feuer macht man das aufzutragende Metall durch Quecksilber zu flüssigem Amalgama, bestreicht damit das zu überkleidende Metall, verjagt das Quecksilber durch Glühen und drückt die zurückbleibende Folie mit dem Polirstahl an, um die Berührung zu vermehren. Bei Verzinkung des Kupfers und Verzinnung des Kupfers und Eisens wird der leichtflüssige

Digitized by Google

Ueberzug für sich geschmolzen. Hierbei ist zu beachten 1) daß nur reguliniſches Metall an reguliniſchem Metall festhaftet, weshalb man dem Kupfer oder Eisen durch Beizen und Scheuern ganz reine Metallfläche zu verschaffen, auch die Verbrennung des Zinnes oder Zinks durch Harz oder Talg zu verhüten sucht; 2) daß das Flüssige an glatter Fläche besser haftet, weshalb gewalztes Eisenblech schöner verzinnt wird; 3) daß mechaniſches Zusammendrücken die Adhäsion befördert, weshalb man das Zinn mit Werrig auf Kupfer anreibt, verzinntes Eisenblech nochmals walzt.

§. 16. Wenn zwei Metalle, die Anziehung besitzen, zusammengelegt und in der Berührungsfläche beide oberflächlich geschmolzen werden, so entsteht eine Adhäsion von doppelter Stärke und Dauer, worauf die schöne Erfindung der plattirten Arbeit beruht. Eine dicke Kupferplatte und eine dünne Silberplatte oder Goldplatte werden beide wol polirt, heiß mit Boraxauflösung bestrichen, nach dem Abtrocknen mit den bestrichenen Flächen zusammengedrückt, mit Draht umwunden und so dem Glühfeuer übergeben. Das Boraxpulver bewirkt eine oberflächliche Schmelzung, in welcher beide Platten sich unlösbar vereinigen. Die Doppelplatte wird dann durch Treiben und Walzen ausgedehnt, so dünn das Kupfer getrieben werden kann, wobei sich das edle Metall immerfort mit jenem ausstreckt und in der fertigen Arbeit reine Silberfläche oder Goldfläche darstellt.

§. 17. Feste und flüssige Körper, die schwache Anziehung besitzen, können doch durch Polirung und anhaltenden Druck dahin gebracht werden, daß sie einander in desto mehren Punkten berühren und daurend anhaften. Darauf beruht die Belegung der Glasspiegel mit Amalgama. Auf einem Marmortisch mit erhöhtem Rande breitet man eine Stannioltafel aus und übergießt sie mit Quecksilber. Ehe dieses noch die Zinnplatte ganz flüssig macht, setzt man die geschliffene und polirte Glasplatte auf, beschwert sie mit Gewichten, drückt dadurch das überflüssige Quecksilber aus, welches abläuft, und läßt die Gewichte 24 Stunden

Digitized by Google

auf der Platte ruhen, in welcher Zeit das entstehende Zinnamalgama sich an der Glasplatte zum Metallspiegel formt und anhaftet. Die Marmorfläche ist zu rauh zum Anhaften und läßt darum los.

§. 18. Das Anhaften zweier festen Körper wird sehr verstärkt, wenn man einen flüssigen dazwischen bringt, der zu beiden Anziehung hat und dadurch als Anhaftungmittel wirksam wird. Die Adhäsionplatten haften stärker, wenn man sie mit Wasser oder Oel bestreicht. Wenn man eine Lederscheibe von zwei Zoll Durchmesser, an deren Mitte eine Schnur festgenäht ist, im Wasser erweichen läßt, dann aber auf einen glatten, zentnerschweren Stein andrückt, so kann man den Stein an der Schnur hängend weit forttragen. Drückt man das Leder an die obere Thürpfoste, so kann man einen Beutel anhängen und die Stärke des Anhaftens durch zugelegte Gewichte prüfen. Ein ähnliches, vermitteltes Anhaften sehen wir an dem Zusammenkleben der nassen Wäsche, des nassen Papiers, nassen Sandes u. s. w.

§. 19. Ist das Anhaftungmittel von der Art, daß es beim Erkalten fest wird, wie z. B. Talg, so verstärkt es die Adhäsion noch mehr, wenn es auch an sich keinen bedeutenden Zusammenhang hat. Möglichst dünn aufgestrichen, vermehrt es doch die Berührung und macht, daß die festen Körper ihr specifisches Anhaften vollständig äußern. Auf diese Art versuchte Muschenbroek die Adhäsion von Plattenpaaren verschiedener Körper und fand sie in diesem Verhältniß. Eisen 300, Blei 275, Marmor (schwarzer) 230, Stahl 225, Kupfer 200, Messing 150, Glas 130, Silber 125, Elfenbein 108, Zinn 100. Wiewol bei diesen Versuchen unbeachtete Nebenumstände mitgewirkt haben mögen, setzen sie doch außer Zweifel, daß die Verstärkung des Anhaftens nicht in dem Zusammenhange des Zwischenkörpers an sich zu suchen sey.

§. 20. Wenn aber das Anhaftungmittel beim Festwerden an sich starken Zusammenhang erhält, der in jedem Punkte wirkt und folglich mit Vergrößerung der Fläche wächst, so wird durch

Digitized by Google

diesen Zusammenhang die Adhäsion freilich noch weit höher gesteigert. Hierauf beruht die Verbindung fester Körper durch Zusammenleimen mit Leim, Hausenblase, Aalhaut, Kleister, Gummi, Zucker, Oblate und Siegellack; die Klebvergoldung auf Holz, Leder, Stein, Glas und Porcellan; das Verkitten der Fugen und Sprünge mit Firniß, Harz, Kalkseife, Eyweißkalk u. s. w.; endlich das Einspeisen des Mauerwerks mit Kalkmörtel, Gyps, Eisenkitt, Traß und Puzzolane. In allen diesen Fällen wird die Adhäsion zur Kohäsion des vereinten Ganzen.

§. 21. Auf ähnliche Weise werden feste Metalle durch leichtflüssige Metalle, die man als Anhaftungmittel zwischen jenen zum Schmelzen bringt, zu einem dehnbaren Ganzen vereint, was man Löthen nennt. Man löthet in der Regel einfachere Metalle mit zusammengesetzteren, Gold mit Goldsilber, Silber mit Kupfersilber, Eisen und Kupfer mit Messing, Blech mit Zinnblei, Blei mit Schnellloth. Vergl. XIV, 19. In einigen Fällen bedient man sich auch wol eines schwerflüssigen Zwischenkörpers, wenn er etwa stärkere Adhäsion zu beiden Festkörpern hat als beide unter sich. So wird z. B. die Feuervergoldung auf Eisen und Stahl, da man gewöhnlich Blattgold auf das glühende Metall andrückt, dauerhafter, wenn man die zu vergoldende Stelle zuvor mit Kupfervitriolauflösung bestreicht. Es entsteht eine Kupferhaut, welche am Gold und Eisen gleich stark haftet und nicht einmal flüssig zu werden braucht.

§. 22. Das Anhaften veranlaßt mancherlei Bewegungen des Flüssigen in Berührung mit flachen Festkörpern. Bei geringer Neigung der Gefäße läuft das Flüssige gern an der Außenfläche ab, weshalb man den Flaschen Halsringe, den Töpfen Ränder und Schneppen giebt, um das Gegossene schnell von der Außenfläche zu entfernen. Das Flüssige steht in Gefäßen, an denen es haftet, mit höherem Rande, umgiebt auch schwimmende Körper mit einem solchen. Das Flüssige wird nicht blos vom Festkörper angezogen, sondern zieht ihn gegenseitig an, welches zur Folge

Digitized by Google

hat, daß zwei schwimmende Körper bald zusammenstoßen, auch nach dem Rande des Gefäßes sich bewegen und da festgehalten werden.

§. 23. Wenn Flüssiges von adhärentem Festen so eng umschlossen ist, daß der Zwischenraum dem Durchmesser eines Tropfens noch nicht gleich ist, so entsteht eine auffallende Wechselbewegung; denn einmal bildet die Adhäsion den hohen Rand; dann aber stellt der Zusammenhang des Flüssigen die Tropfengestalt wieder her. Der Erfolg dieser abwechselnden Bewegungen ist, daß das Flüssige gegen das Gesetz der Schwere bis zu einer gewissen Höhe emporsteigt, die nach der Dünnflüssigkeit des Fluidums, auch nach der Stärke des Anhaftens verschieden ist und etwa 3 — 5, selten 6 oder 7 Zoll beträgt, wenn man sogenannte Haarröhrchen von Glas in Wasser, Spiritus oder Oele stellt. Ein ähnliches Steigen zeigt sich, wenn man zwei Fensterscheiben zusammenlegt und in Flüssiges halb eintaucht. Wo der Zwischenraum sich verengert, geschieht das Steigen mit Beschleunigung, weshalb ein Wassertropfen zwischen zwei Glasstreifen, die ihn berühren, nach dem Ende eilt, wo sie zusammenstoßen. Der Federspalt hält die Tinte bis zur Oeffnung, saugt sie auch wieder ein, sobald die Elasticität ihn wieder schließt, welchen Wechsel wir beim Schreiben immerfort veranlassen.

§. 24. Aus losen Fasern zusammengefügte Körper wirken vermöge der Zwischenräume der Fasern wie Haarröhrchen, wenn sie zum Theil in adhärentes Flüssiges eingetaucht sind. Darauf beruht das Abwischen mit Schwamm, Charpie und dgl., das Wegnehmen der Tinte mit Löschpapier, auch das Aufsaugen des Oeles im Lampendocht. Die baumwollenen Dochte können daher durch Amianth oder Eisendraht, allenfalls durch enge Glasröhren ersetzt werden. Auch hier reißt, wie beim Naßmachen (§. 13), die Adhäsion mehr Flüssiges mit sich fort, als sie nachher fest halten kann. Wenn man zwei Arzneigläser von gleicher Höhe wie in Fig. 3 nebeneinanderstellt, das eine mit

Digitized by Google

Wasser füllt und einen von rohem Flachs geflochtenen, benetzten Zopf mit jedem Ende in eines der Gläser hinabschiebt, so läuft das Wasser aus dem vollen Glase in das leere ab, bis es in beiden gleich hoch steht, worauf die Wirkung der Adhäsion sich selbst aufhebt. Darum lassen zu starke Lampendochte Oel ablaufen. Aus gleicher Ursach geschieht es oft bei technischen Arbeiten, z. B. beim Filtriren, daß durch die überhängenden Zipfel des Fließpapiers oder Seihetuchs viel aus dem Gefäße steigt und verloren geht, wenn man diesen Umstand nicht beachtet.

§. 25. Lose und lockere Körper saugen das anhaftende Flüssige gleich Dochten in sich. Dieselbe Kraft, welche den Streusand nützlich macht, vernichtet Steppenflüsse. Durch Aufsaugen werden Topfpflanzen aus dem Untersatz getränkt, nehmen Lehmwände, Mauerziegel und Mörtel zum Nachtheile der Erdgeschosse die Feuchtigkeit vom Erdboden an. (Im letzteren Falle unterbricht eine dünne Zwischenlage von Blei die Verbindung der Poren und hilft dem Uebel ab.) Bei sehr starker Anziehung werden solche Körper von dem eingesogenen Flüssigen weich, plastisch oder gar halbflüssig, indem das Feste durch das Flüssige leicht verschiebbar wird. Das Produkt dieser durch die Masse vertheilten Adhäsion wird Teig, Brei, Mus oder Schlamm genannt, jenachdem darin Mehl, Thon, Kalk, Gyps oder andre Festkörper mehr oder minder verschiebbar geworden sind.

§. 26. Höchst fein zertheilte Festkörper, zu anhaftendem Flüssigen gemischt, werden darin gegen das Gesetz der Schwere schwimmend erhalten, vornehmlich dann, wenn das Feste geringe Schwere, oder das Flüssige Zähigkeit besitzt. Es entstehen daraus undurchsichtige und dickflüssige Mischungen, die man in mehren Fällen Milch nennt. Beispiele sind außer der thierischen Milch mehre Pflanzensäfte, als die Milch des Kuhbaums, Kokosmilch, Feigenmilch, Wolfsmilch; im Mineralreiche die mit Kalktheilen beladene, aus Felsenklüften hervordringende Bergmilch. Zur letzteren gehören die metallischen Guhren, welche aus Erzadern

Digitized by Google

gleichsam herausgähren, wie z. B. das Buttermilcherz. Die Tinte, welche gallsaures Eisenoxyd in Gummiwasser schwebend hält, die ebenfalls durch Gummiwasser flüssigen Tuschfarben, die mit Oel angeriebenen Oelfarben, endlich die durch Abreiben mit Wasser entstehenden Emulsionen, z. B. Mandelmilch, bestehen durch dieselbe Adhäsion. Will man sie erhalten, so muß man die Zähigkeit des Flüssigen wiederherstellen, wenn sie abnimmt, welches bei der Milch z. B. durch zugesetzten Zucker geschieht.

§. 27. Wenn fein zertheiltes Festes dem Flüssigen in sehr geringer Menge beigemischt ist, so wird es nur um so fester gehalten und bewirkt eine Trübung des Flüssigen, welche, so unbedeutend sie an sich seyn mag, für die Gewerbe von der größten Wichtigkeit ist. Im Handel gilt sie allgemein für ein Merkmal der Unreinheit und setzt den Werth der Weine, Biere, Oele u. s. w. ungemein herab. Auch ist nicht zu leugnen, daß die starke Anziehung, welche das Feste schwimmend erhält, oft genug Entmischung des Flüssigen und Verderbniß veranlaßt. Es ist daher für viele Gewerbe eine eben so unerläßliche als schwierige Aufgabe jene Trübung vollständig aufzuheben. Die Lösung dieser Aufgabe geschieht auf dreierlei Weise, durch Absetzen, Seihen und Klären.

§. 28. In vielen Fällen verliert das Flüssige seine Zähigkeit durch Veränderung der zäh machenden Beimischungen, in welchem Falle der schwimmende Körper sich verdichtet und dann bei langer Ruhe, durch die Schwere herabgezogen, am Boden sammlet. Man nennt diesen Erfolg Absetzen in Beziehung auf den niederfallenden Bodensatz, oder Abhellen hinsichtlich des Flüssigen. So geschieht das Abhellen des jungen Weines durch die Nachgährung, welche die noch übrigen Zuckertheile in Weingeist umwandelt. Man befördert es zuweilen dadurch, daß man auf Kolen glühend gemachte Feuersteine einzeln durch das Spundloch einwirft. Sie machen den Zucker brandig, worauf er die Hefentheile

Digitized by Google

fallen läßt, so daß der Wein nach wenigen Wochen schon klar abgezogen werden kann.

§. 29. In den meisten Fällen hebt man die Adhäsion der trübenden Theile zum Flüssigen durch eine noch stärkere Adhäsion auf, welche eines von beiden zu einem dritten Körper besitzt, der locker genug ist das Flüssige durchzulassen, das Feste aber aufzuhalten. Das Durchseihen (I, 10) beruht in der That großentheils auf dem Anhaften und wird durch dasselbe selbst dann befördert, wenn der schwimmende Körper nicht flockig zusammenhängt, sondern unsichtbar fein zertheilt ist, wie z. B. eisenhaltiges Wasser vollständig vom Eisen befreit wird, wenn man es durch Säcke von rohem Kattun laufen läßt, weil die Eisentheile ungemein an Baumwolle haften.

§. 30. Eine dritte Art der Reinigung des Flüssigen findet statt, wenn ein feinzertheilter klebriger Körper eingemischt wird, dessen Anziehung zum Flüssigen gering, zu dem schwimmenden Körper aber desto stärker ist. Man nennt diese Trennung das Abklären, auch wol Schönen. So klärt man Zuckersaft, Soole und Salpetersud mit Eyweiß, Rindblut oder Kohlsaft, Kaffee mit Hirschhorn, Bier mit Kalbfüßen, Wein mit Hausenblase. Die Hausenblase hat den Vorzug vor andern Schönungmitteln, wo sie nicht zu kostbar ist. Man zertheilt sie durch Quellen in vielem Wasser und mischt von dieser Gallert ein Procent zu trübem Wein oder Bier. Anfänglich breitet sich die Hausenblase netzförmig aus, erfaßt aber dann die schwimmenden Hefentheile, zieht sich mit denselben zusammen und sinkt zu Boden. Die Gallert von Hirschhorn und Kalbfüßen wirkt auf ähnliche Weise, dagegen Eyweiß und Blut im Kochen locker gerinnen und in den Schaum steigen.

§. 31. Wenn feste Körper, vornehmlich dichte und glatte, mit trübem Flüssigen in Berührung stehen, so ziehen sie meistens die schwimmenden Theile stärker an und nehmen sie dem Flüssigen ab. So überkleiden sich Weinfässer mit Weinstein und alles Feste

Digitized by Google

wird im Karlsbader Sprudelwasser inkrustirt. Theekessel und Soolpfannen überziehen sich mit Pfannenstein. Fleischkessel und Braupfannen setzen dergleichen nicht an, weil die Adhäsion des darin gekochten Flüssigen größer ist. Wenn daher die Absetzung des Pfannensteins verhütet werden soll, wie z. B. beim Betriebe der Dampfmaschinen, wo er die Wirkung des Feuers zu sehr schwächt, so wirft man, um dem Wasser Zähigkeit zu geben, Kartoffeln oder Malzkeime in die Pfanne, welche sich im Wasser völlig auflösen und verschwinden, es aber schleimig machen. Dann geht die Maschine monatlang, ohne daß sich Stein ansetzt.

§. 32. Auf ähnliche Weise wird, wenn sehr kleine Theile fest werdend sich von Auflösungen trennen, unter ihnen selbst Adhäsion wirksam. Sie stoßen dann mit ihren Flächen zusammen und vereinigen sich zu immer größeren Festkörpern, welche bei völliger Ruhe des Flüssigen eine regelmäßige Gestalt annehmen, was man Anschießen oder Krystallisation nennt. Die Gestalt der kleinsten und ersten Festtheile bestimmt dabei die Gestalt der Anhäufung und zugleich das Gefüge (II, 12), weil die Flächen sich in der Deckung am meisten anziehen. So bildet sich das Kochsalz in Würfeln, Zucker und Vitriol in Rautenkörpern, Alaun in Oktaëdern, Salpeter in sechsseitigen Prismen. Mehren sich aber die festwerdenden Theile zu schnell, oder in bewegtem Flüssigen, so entsteht statt der Krystalle eine formlose Erstarrung oder Koagulation, wie bei rasch gesottenem Kochsalz, Bleizucker, Salmiak u. s w. Stuck und Mörtel erhärten so. Die Urgebirge sind mehr Produkte der Krystallisation, die Flötzgebirge dagegen mehr der Koagulation.

§. 33. Geht das Anschießen nicht in der ganzen flüssigen Masse zugleich vor, sondern mit einseitiger Verbreitung, so entsteht Gruppirung, d. h. Vergrößerung des Festen in gewissen Richtungen. So bildet das Kochsalz, auf der verdampfenden Soole schwimmend, vierkantige Trichter, das Eis an Fenstern

Digitized by Google

Blumen. So zeichnet die Natur Baumsteine oder Dendriten; die Kunst aber schafft Metallvegetationen, z. B. den Bleibaum, Zinnbaum und Silberbaum, durch örtliche Zersetzung einer Auflösung. Der Bleibaum wächst zusehends, wenn man eine kleine Zinkstange in gesättigtem Bleizuckerwasser aufhängt. Auch die Blumen des Metallmoors entstehen auf ähnliche Weise.

§. 34. Wenn metallische Theile innerhalb des Flüssigen fest werden und man bietet ihnen polirte Metallflächen anderer Art, zu denen sie Anziehung besitzen, so legen sie sich fest an, welches oft technisch benutzt wird, um ein Metall mit einem andern zu bekleiden. Namentlich beruhen darauf die verschiedenen Arten der nassen Vergoldung, als: 1) die griechische auf Silber, welches man in eine gesättigte Auflösung von Gold und Quecksilber eintaucht und dann bis zum feurigen Goldglanze ausglüht; 2) die deutsche auf Kupfer und Messing, welche man in verdünnte Goldauflösung eintaucht, mit Wasser abspühlt und polirt; 3) die englische auf Eisen und Stahl, welche man in Goldäther eintaucht, in Wasser abspühlt und polirt. Auf gleiche Weise geschieht das nasse Platiniren des Stahls und Messings in Platinäther. Die nasse Verzinnung der messingnen Stecknadeln, die mit Zinnplatten geschichtet und mit Weinsteinwasser gesotten werden, gehört auch dahin.

§. 35. Einige feste Körper haben zu gewissen Flüssigen keine äußere Anziehung und zeigen sich in allen Stücken fremdartig (§. 11). Sie werden in der Berührung nicht naß gemacht; vielmehr äußert das Flüssige dann seinen Zusammenhang deutlich in regelmäßiger Tropfenbildung (II, 42). Glas, Porcellan, Horn, Holz und Papier werden vom Quecksilber nicht benetzt. Reines Wachs wird vom Wasser nicht naß, worauf der Gebrauch des Wachspapiers und der Wachspolitur beruht. Der Wachsreif der Orangen, Pflaumen und anderer Früchte, wie auch der Kohlblätter, schützt sie vor dem Einfluß der Nässe. Durch gleiche Hülle verwahrt die Natur den befruchtenden Hauch des Samenstaubes

Digitized by Google

der Gewächse. Von Fichten und Moosen gesammlet, stellt sich dieser Staub im Hexenmehl dar. Ein damit bestrichener Finger wird vom Wasser nicht naß. Fein geriebenes Harz thut ähnliche Wirkung. Mit Seifenschaum gemischt, trennt das Harz die Blasen in ganz lose Kugeln und bildet ein sonderbares Gemenge von allen Aggregatzuständen. Die wasserabhaltende Kraft der verharzten Oele oder Firnisse benutzen die Gewerbe alltäglich beim Ueberfirnissen der Holz- und Blecharbeiten. Der Nutzen des Wachstuches und des Wachstaffets beruht ebendarauf.

§. 36. Die §. 22. f. beschriebenen Bewegungen fallen weg, wo zwischen Festem und Flüssigem keine Anziehung statt findet. Das Flüssige steht in nicht adhärenten Gefäßen mit vertieftem Rande, z. B. Queckſilber in Glas, Wasser in mit Wachs oder Talg überzognem Glas. Schwimmende Körper ohne Adhäsion zum Flüssigen liegen in vertiefter Oberfläche. Der Finger macht einen ähnlichen Eindruck im Queckſilber, auch im Wasser, wenn er mit Hexenmehl oder Talg bestrichen ist. Schwimmende Körper ziehen einander auf fremdartigem Flüssigen nicht an, bewegen sich auch nicht nach dem Rande. Die Wechselbewegung des Flüssigen in Haarröhrchen unterbleibt; auch findet kein Durchseihen statt, so daß man Queckſilber allenfalls in einem Beutel von Leinwand tragen kann.

§. 37. Lockere Körper, welche an sich das Wasser stark anziehen und einsaugen, mithin leicht durchnäßt werden, widerstehen der Näſſe, wenn man sie mit einem Körper überzieht, der keine Adhäsion zum Wasser hat, und das selbst dann, wenn ihre Zwischenräume dadurch nicht verschlossen werden, sondern sichtbar offen stehn. Darauf beruht die Wasserdichtmachung der Zeuge von Wolle, Seide, Baumwolle und Linnen. Bei der Seide wird sie schon durch Abreiben der Rückseite mit Wachs bewirkt. Wollene Tücher und Hutfilze tränkt man mit Oelfirnissen, Kattun und Leinwand mit Thonseife. Diese letztere ist bei allen lockeren Körpern anwendbar und von bewundernswürdiger

Digitized by Google

Kraft, auch von dauerhafter Wirkung, wenn man sie durch Leim an der Zeugfaser befestiget; wie folgt: Man löst 1 Loth Seife in 1 Pf. kochenden Wassers auf, in einem andern Topfe aber 1 Loth Leim in 1 Pf. kochenden Wassers. Jede Auflösung wird besonders durchgeseihet. Zum heißen Leimwasser setzt man 2 Loth feingeriebenen Alaun, rührt es um, bis er zergangen, und läßt es eine Viertelstunde ruhig stehn. Dann werden Leim- und Seifenwasser zusammengemischt. Im Augenblick entsteht eine schneeweiße Milch von Thonseifenleim, in welche man die Zeuge eintaucht. Nach dem Abtrocknen an der Luft sind die lockersten Gewebe, z. B. Musselin oder Futtertaffet, so wasserdicht, daß sie in Beutelform mit Wasser gefüllt und so aufgehängt, in 36 Stunden keinen Tropfen durchlassen.

§. 38. Gasige Körper verrathen dadurch äußere Anziehung gegen einander, daß Luft- und Dampfblasen, wenn sie innerhalb des Flüssigen emporsteigen, zusammenfließen und sich zu größeren vereinigen. Von zähem Flüssigen werden sie naß gemacht und erheben sich mit der nassen Hülle über die Oberfläche des Flüssigen als Schaum. Dämpfe reißen sich mit nasser Hülle los und schwimmen als Nebel in der Luft. Der sichtbare Dunst, welcher vom Milchkaffee aufsteigt, erscheint unter dem Vergrößerungsglas in deutlicher Bläschenform. In Berührung mit festen Körpern wird dieses Anhaften des Flüssigen und Gasigen durch die stärkere Anziehung des Festen aufgehoben und das Flüssige legt sich als Thau an feste Körper an.

§. 39. Auch gasige und feste Körper zeigen äußere Anziehung. Oft bemerkt man beim Eintauchen fester Körper in Flüssiges, daß die Luft am Festen haftet und dieses luftnaß untertaucht, z. B. trocknes Kienholz in Wasser. Ebenso haftet die Luft an Glasgefäßen, die man mit Quecksilber füllt, und muß beim Füllen der Barometer durch Kochen herausgetrieben werden. An rauhen Körpern haftet die Luft stärker an glatten, weil die unebene Fläche weit mehr Berührungpunkte darbietet.

Digitized by Google

§. 40. Feinzertheilte lose Körper ziehen aus demselben Grunde die Luft am stärksten an und halten sie so fest, daß die Adhäsion des Flüssigen zum Festen kaum wirksam wird. Sehr trockne Gartenerde nimmt beim Begießen das Wasser nicht sogleich an. Nur ein anhaltender Regen vermag den Staub zu löschen. Der aufgerührte Staub verbreitet sich weit, ehe er niederfällt, und der feinste Kleiderstaub, nur im Sonnenscheine sichtbar, schwebt taglang in unbewegter Stubenluft. Gemenge von festen und flüssigen Theilen, die zum Wasser wenig Anziehung besitzen, haften um so länger an und in der Luft als Rauch, werden aber von festen Körpern der Luft entzogen und legen sich als Rus an.

§. 41. Außer der bisher abgehandelten Adhäsion giebt es noch eine andere Anziehung der Körper, welche man die innere, die chemische, auch Verwandschaft, Affinität nennt. Man beobachtet sie nur an Körpern ungleicher Art, wenn sie einander in flüssigem Zustande berühren. Zuweilen ist sie als ein höherer Grad des Anhaftens zu betrachten, indem anhaftende Körper unter andern Umständen auch Verwandschaft äußern, wie z. B. das Queckſilber diejenigen Metalle, welche es naß macht und stark anzieht (vgl. §. 12), auch aufzulösen vermag; doch gilt das nicht allgemein, z. B. nicht bei Wasser und Metall. Eigentlich ist die Verwandschaft Vorwurf der Chemie; (vgl. Einl. §. 6) doch kann sie hier nicht ganz übergangen werden, weil sie bei vielen physikalen Kraftäußerungen mitwirkt.

§. 42. Die Verwandschaft ist noch weniger als die Adhäsion allen Körpern gemeinsam, sondern gewissen Arten eigen, specifisch. Zwei Körper, die sie besitzen, sind in Beziehung auf einander verwandt. Sie bewähren sich als solche, wenn sie, beide flüssig, zusammengebracht, sich so innig mischen, daß sie, für unsere Sinne wenigstens, zu einem gleichartigem Ganzen werden und weder durch ihre Schwere, noch beim Durchseihen sich wieder trennen. Man nennt diesen Akt Auflösung, Solution. In

Digitized by Google

vielen Fällen ist nur erforderlich, daß einer von beiden Körpern flüssig sey, um den andern aufzulösen und den Zusammenhang des Festen aufzuheben. Der flüssige wird dann das Auflösungmittel, Menstruum genannt. So löst Königswasser Gold und Scheidewasser Silber auf.

§. 43. Sind die verwandten Körper beide flüssig, so können sie in verschiedenem Verhältniß der Menge zusammengesetzt werden, was man Mischungverhältniß, bei Metallen auch Korn oder Löthigkeit nennt. Ist dagegen nur einer von beiden flüssig, so wird dessen Verwandschaft nach und nach minder wirksam, vermag endlich nicht mehr den Zusammenhang des Festen aufzuheben und wird zur Adhäsion herabgestimmt. Diesen Zustand nennt man die Sättigung, Saturation des Auflösungmittels. So löst z. B. Wasser nur $\frac{1}{3}$ seines Gewichts vom Kochsalz auf. Kann das Auflösungmittel unter andern Umständen soviel, als es auflöste, nicht fest halten, so wird es übersättiget genannt.

§. 44. Beide Substanzen, die einander auflösen, verschwinden bei der Auflösung und es entsteht eine neue dritte, von veränderten Eigenschaften, die freilich nach Maßgabe des Mischungverhältnisses denen der einen oder der andern Zuthat ähnlich sind. Diesen Zustand der gegenseitigen Veränderung, das Resultat der Auflösung, nennt man Verbindung, und wenn die gegenseitige Aufhebung der Eigenschaften vollständig ist, Neutralisation. Die darin vorhandenen, ihrer eigenthümlichen Kräfte beraubten Substanzen heißen gebunden, latent, in Beziehung auf das Ganze aber Bestandtheile.

§. 45. Die Verwandschaften der Substanzen sind von ungleicher Stärke; schwächere werden aber durch stärkere unwirksam gemacht, besiegt. Wenn zu der Verbindnng zweier Substanzen eine dritte gebracht wird, welche zu einer von jenen stärkere Verwandschaft besitzt als jene unter sich, so wird die stattgefundene Verbindung aufgehoben und eine neue hervorgebracht. Diesen Kampf der

Digitized by Google

Anziehungen nennt man Wahlverwandschaft. Durch sie werden die Verwandlungen (Einl. 6) der Chemie bewirkt. Die dadurch verursachte Trennung der bis dahin gebundnen Stoffe wird Scheidung genannt, und die ausgeschiedenen Bestandtheile, welche ihre eigenthümlichen Kräfte wieder erlangen, heißen nun frei, entbunden.

IV. Schwere.

§. 1. Von den Kräften der Verdichtung, des Zusammenhanges und des Anhaftens, die nur in unmittelbarer Berührung wirken und ein Widerstreben der Masse, die Berührung aufzugeben, anzeigen, unterscheidet sich die Schwere, Schwerkraft oder Gravitation als eine der Masse allgemein beiwohnende Anziehung, vermöge deren getrennte Massen sich einander nähern bis zur Berührung und dann festhalten.

§. 2. Der Körper, an welchem wir diese Kraft beobachten, ist zunächst der Erdball im Ganzen. Er wirkt durch sie auf alle kleinere Körper seiner Umgebung, auch auf uns selbst. Die jeden Augenblick wiederholte Beobachtung derselben erweckt in uns den Beziehungbegriff von Oben und Unten, der freilich vom Volke mißverstanden wird. Die umsichtigere Erfahrung berichtiget ihn dahin, daß Unten in jedem Falle der Erdball sey, Oben aber, was von ihm entfernt ist. Wir erstaunen dann nicht darüber, daß die Erde rundum Menschen trägt, wiewol der Gegenfüßler ein anderes Oben hat.

§. 3. Wenn ein Körper in einiger Entfernung vom Erdboden sich selbst überlassen, nicht mehr gehalten wird, so bewegt er sich in gerader Linie nach dem Erdboden zu. Man sagt, er falle von oben herab. Diese Bewegung dauert so lange fort, bis der fallende Körper entweder den Erdboden berührt, oder durch den Zusammenhang eines Zwischenkörpers aufgehalten wird. Alle Theile des Erdballes, und der fallende Körper selbst, haben gleichen Antheil an dieser Fernziehung.

Digitized by Google

§. 4. Die Richtung der Linie, in welcher ein Körper herabfällt, wird immer ebendieselbe seyn, so oft man den Versuch auf gleiche Weise wiederholen mag. Sie würde, verlängert, den Mittelpunkt der Erdkugel treffen, weil in dieser Richtung, vermöge der Kugelgestalt der Erde, die meisten Theile liegen und wirksam sind. Man nennt sie die senkrechte, vertikale Richtung. Da demnach alle Fallinien sich im Mittelpunkt der Erde schneiden, so fallen mehre Körper neben einander nicht parallel, wiewol ihre Näherung nur bei sehr großen Fallhöhen zu bemerken seyn würde.

§. 5. Das Naturgesetz von der bestimmten Richtung des Fallens leidet einige Ausnahmen, indem die Falllinie wol zuweilen von dem Halbmesser der Erdkugel abweicht. Zwar kann eine solche Abweichung nicht leicht durch Seitenmassen bewirkt werden, indem Gebirge und Thürme viel zu unbedeutend gegen die Masse des Erdballes sind, wol aber durch die Bewegung der flüssigen Umgebung des Erdkörpers. Strömendes Wasser reißt den fallenden Körpers mehr oder weniger mit fort, welches die Tiefenmessung in Seeströmen unsicher macht. Auch Luftströmungen ändern die Richtung ab, weshalb Lothrecht abgeschossene Kanonenkugeln nicht senkrecht zurückfallen, sondern abwärts unter dem Winde. Derselben Ursach ist beizumessen, daß ein Stein, vom Mastkorbe eines mit vollem Winde segelnden Schiffes herabfallend, dicht am Fuße des Mastes niederfällt, wiewol das Schiff während seines Herabfallens merklich fortrückte. Endlich ist durch Mehrer Versuche dargethan, daß hoch herabfallende Körper bei der größten Ruhe der Luft nach Osten zu abweichen, welches die Umdrehung der Erde von Westen nach Osten verursacht. Nach Benzenbergs Versuchen im Michaelsthurm zu Hamburg betrug bei 235 Fuß Fallhöhe die Abweichung 4 Linien.

§. 6. Die Geschwindigkeit des Fallens ist durch oft wiederholte und sinnreich abgeänderte Versuche bestimmt worden. Ein Körper von mittlerer Dichtigkeit und abgerundeter Gestalt fällt in einer Sekunde nach Huygens 15,625 oder 15⅝ rheinländische

Digitized by Google

Fuß herab, was man gewöhnlich als mittlere Geschwindigkeit des freien Falles in der Luft annimmt. Dechales setzte die Fallhöhe einer Sekunde auf 16½ Fuß, Riccioli aber auf 15 Fuß, welcher Unterschied mit von der Wahl des Fallkörpers herrührt, indem ersterer Metalle, letzterer Kreide zum Versuche nahm.

§. 7. Die Geschwindigkeit des fallenden Körpers bleibt aber bei fortgesetztem Fallen nicht ebendieselbe, sondern wird immer größer. Diese Beschleunigung des Falles ist eine nothwendige Folge davon, daß die Schwerkraft immerfort wirkt und den Antrieb des ersten Augenblickes in jedem folgenden wiederholt. Der ersten Geschwindigkeit wird eine zweite, dritte u. s. w. beigefügt, und so werden die Fallräume gleicher Zeitabschnitte immer größer. Oft wiederholte Versuche haben gezeigt, daß die Geschwindigkeit des Fallens in auf einander folgenden Sekunden mit der Reihe der ungeraden Zahlen zunehme, wie in folgender Tafel:

Sekunden	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Geschwindigkeiten	1.	3.	5.	7.	9.	11.	13.	15.	17.	19.
Fallhöhen (Fuß)	15.	45.	75.	105.	135.	165.	195.	225.	255.	285.

wobei die Fallhöhen nach Riccioli berechnet sind.

§. 8. Daraus ergiebt sich, daß die Fallhöhe im Ganzen, welche ein Körper in einer gewissen Sekundenzahl durchläuft, mit dem Quadrat der Sekundenzahl zunehme; denn wenn die Fallhöhe der ersten Sekunde = 1 ist, so ist sie in der ersten und zweiten Sekunde zusammen $1 + 3 = 4 = 2 \times 2$, in drei Sekunden $1 + 3 + 5 = 9 = 3 \times 3$, in vier Sekunden $1 + 3 + 5 + 7 = 16 = 4 \times 4$, in fünf Sekunden $1 + 3 + 5 + 7 + 9 = 25 = 5 \times 5$ u. s. w. Nach diesem Gesetze läßt sich die Höhe eines Thurms oder einer Felsenwand berechnen, wenn man ein Stück Kreide herabfallen läßt und bis zum Zerschellen desselben die Sekunden zählt. Ist die Fallzeit 4 Sekunden, so giebt die Quadratzahl 16, multiplicirt mit 15 Fuß, als der Fallhöhe der ersten Sekunde, 240 Fuß Höhe.

Digitized by Google

§. 9. Die Geschwindigkeit des Fallens würde größer seyn, wenn die Körper in leerem Raume herabfielen; sie wird aber vermindert durch den Widerstand der Luft, welcher aus mehren Ursachen entsteht. Denn erstlich ist der Zusammenhang der Lufttheile (II, 51) zu überwinden, dann auch das Anhaften (III, 39, 40), und endlich widersteht die Luft, weil sie selbst aus schweren Theilen besteht, die von dem Erdball festgehalten werden. Diese Umstände machen auch, daß obige Regeln in der Erfahrung nicht immer genau zutreffen.

§. 10. Der Widerstand der Luft ist um so stärker, je größer die (halbe, nach unten gekehrte) Oberfläche des fallenden Körpers ist; die Fallkraft desselben wächst aber mit der Menge seiner schweren Theile, oder mit der Masse. Demnach wird die Geschwindigkeit des Falles um so mehr vermindert, je größer die Oberfläche des fallenden Körpers bei gleicher Masse ist, um so weniger aber, je größer die Masse bei gleicher Oberfläche ist. Daraus erklärt sich die bekannte Thatsache, daß die Geschwindigkeit des Falles mit der Dichtigkeit des fallenden Körpers ab- und zunimmt, daß z. B. Metall schneller fällt als Holz, Kork, ein Ball und andre lockere Körper. Daher kommen die verschiedenen Angaben der Fallhöhe der ersten Sekunde §. 6, und 15 Fuß sind deshalb wol anzunehmen, wenn man sich der Kreide bedient.

§. 11. Außer der Dichtigkeit ändert auch die Gestalt des fallenden Körpers die Geschwindigkeit des Falles ab, indem bei gleicher Dichtigkeit die innere Berührung der Theile ab, die äußere Oberfläche aber zunimmt, wenn der Körper sich flach ausbreitet. Die Kugelgestalt erleidet daher den geringsten Luftwiderstand, den größten dagegen die Gestalt des Gefieders, weshalb eine Flaumfeder, geflügelter Same, fliegender Sommer so langsam herabschwebt, Federbälle leichter gefangen werden u. s. w. Man benutzt das z. B. beim Wurfen des Getreides, um die Spreu abzusondern.

§. 12. Die Luft leistet hauptsächtlich demjenigen Theile der Oberfläche des fallenden Körpers Widerstand, welcher sich wagerecht

Digitized by Google

ausbreitet oder von der Fallinie senkrecht durchschnitten wird. Aus dieser Ursach nimmt der fallende Körper von selbst eine solche Lage an, daß er die untere Luft keilförmig durchschneidet. Die durch das Umwenden entstehende Geschwindigkeit veranlaßt dabei das Wirbeln herabfallender Körper, z. B. eines Hutes.

§. 13. Der herabfallende Körper bewirkt vermöge der erlangten Geschwindigkeit einen Stoß, welchen man das Einschlagen nennt. Dieser Stoß wird um so heftiger, je höher der Körper herabfällt. Ueber das Verhältniß der Zunahme des Stoßes hat man abweichende Berechnungen. Nach Gren wächst die Gewalt des Einschlagens mit der Sekundenzahl des Falles, also wie folgt:

Fallhöhen:	15.	60.	135.	240.	375.	540.	735.	960.	1215.	1500.
Stöße:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.

Nach Krügers Versuchen mit Bleikugeln, die er in weichen Thon fallen ließ, um die Tiefe des Eindringens zu messen, wächst dagegen der Stoß in gleichem Verhältniß mit der Fallhöhe, oder wie folgt:

Fallhöhen:	15.	30.	45.	60.	75.	90.	105.	120.	135.	150.
Stöße:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.

Nach Dupin wachsen die Stöße mit dem Quadrate der Sekundenzahl des Fallens, welches mit Krügers Verhältniß übereinstimmt:

Sekunden:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Fallhöhen:	15.	60.	135.	240.	375.	540.	735.	960.	1215.	1500.
Stöße:	1.	4.	9.	16.	25.	36.	49.	64.	81.	100.

In der That scheint das Krügersche Verhältniß der Erfahrung zu entsprechen, wenn wir beobachten, wie sehr bei Rammen und Hammerwerken die Gewalt des Einschlagens durch Vermehrung der Fallhöhe verstärkt wird.

§. 14. Dieselbe Gewalt des Einschlagens, welche so häufig technischen Nutzen bringt, wird Herabstürzenden verderblich; sie kann aber in diesem Falle hinreichend vermindert werden, wenn man, den Vögeln gleich, durch vergrößerte Fläche größeren

Digitized by Google

Luftwiderstand bewirkt. Hierauf beruht die Erfindung des Fallschirmes (Parachute), welche Blanchard nach Le Roux's Idee 1785 ausführte und bei seinen Luftfahrten zu Paris und London anwendete. Es ist ein halbkugelförmiger Schirm von Taffet, welcher 20 Fuß im Durchmesser hat und mit durchgezogenen Seilen sphärisch erhalten wird, so daß er mit dem Gewicht eines Menschen sanft aus der Höhe herabsinkt.

§. 15. Wenn ein Körper lothrecht in die Höhe geworfen wird, so hört die Schwerkraft nicht auf zu wirken, benimmt ihm vielmehr in jedem Augenblick einen Theil seiner Stoßkraft und bewirkt Verzögerung des Aufsteigens, bis endlich beide Kräfte einander gleich werden und einen kurzen Stillstand erzeugen, worauf der Körper wieder zurückfällt. Jene Verzögerung geschieht in der umgekehrten Progression der Beschleunigung des Falles, oder mit der abnehmenden Reihe der ungeraden Zahlen. Erhielt der Körper durch den Wurf eine Geschwindigkeit von 45 Fuß für die erste Sekunde, so steigt und fällt er in den folgenden Sekunden also:

Sekunden:	1.	2.	3.	4.
Höhen:	45.	15.	15.	45.
	Steigen		Fallen.	

Ein mit solcher Kraft in die Höhe geworfener Stein wird demnach 60 Fuß hoch steigen und 4 Sekunden ausbleiben. Dagegen wird eine Kugel, welche mit einer Geschwindigkeit von 105 Fuß in die Höhe geschossen wird, 240 Fuß hoch steigen und 8 Sekunden ausbleiben. Dieser Versuch giebt ein Mittel an die Hand die Stärke des Schießpulvers zu probiren, wenn man sich immer desselben Gewehres und gleicher Ladung bedient.

§. 16. Wenn ein Körper auf einer schiefen Ebene herabfällt, so fällt er nicht frei, insofern er zum Theil unterstützt ist und in jedem Augenblicke anstößt, wodurch seine Geschwindigkeit sehr vermindert wird. Diese Verminderung findet schon bei dem Herabrollen der Kugeln statt, wiewol diese die Ebene nur

Digitized by Google

in einzelnen Punkten berühren, noch mehr aber beim Herabgleiten platter Körper, welche durch Reibung und Anhaften der Ebene zugleich aufgehalten werden. Die Fuhrleute benutzen das, indem sie beim Herabfahren auf steilen Wegen die rollenden Räder durch Hemmschuhe auf das Gleiten einschränken.

§. 17. Beim Herabrollen wird die erste Geschwindigkeit um so mehr vermindert, je näher die Richtung der schiefen Ebene ab Fig. 4 der wagerechten kommt, oder je geringer die Neigung der Schiefe ist. In diesem Verhältniß wird die Schiefe länger als ihre senkrechte Höhe ac. Daher verhält sich die Geschwindigkeit des rollenden Körpers d zu der des frei fallenden wie die Höhe ac zu der Schiefe ab. Ist die Schiefe dreimal so groß als die Höhe, so wird die Geschwindigkeit der ersten Sekunde $\frac{1}{5}$ oder 5 Fuß seyn. Ist das Verhältniß der Höhe zur Schiefe = 1:5, so wird die Geschwindigkeit $\frac{1}{5} = 3$ Fuß. Bei 1 Fuß Höhe und 15 Fuß Schiefe rollt ein Körper in der Sekunde 1 Fuß weit.

§. 18. Die Geschwindigkeit des Rollens oder Gleitens mag übrigens mehr oder weniger vermindert seyn, so nimmt sie nach dem Gesetze der Beschleunigung des freien Falles zu wie 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 u. s. w. Der Weg, den ein Körper rollend zurücklegt, entspricht folglich dem Produkt aus dem Quadrat der Sekundenzahl und der Geschwindigkeit der ersten Sekunde. War letztere z. B. 3 Fuß, so rollt der Körper in 5 Sekunden $5 \times 5 \times 3 = 75$ Fuß herab. Auf dieser Beschleunigung beruht das Vergnügen der Rutschfahrten, die Gefahr ungehemmter Wagen und die furchtbare Gewalt der Lauwinen.

§. 19. Wenn ein Körper auf schiefer Ebene aufwärts gerollt wird, so steigt er mit Verzögerung, wie bei lothrechtem Wurfe (§. 17), bis die fortwirkende Schwerkraft den Stoß entkräftet und Stillstand bewirkt, worauf er in gleicher Zeit mit Beschleunigung denselben Weg zurückrollt. Da aber der Körper in jedem Punkte des Weges zum Theil unterstützt wird, so steigt

Digitized by Google

er leichter auf der Schiefe empor als er in lothrechter Linie steigen würde, und es bedarf einer minderen Kraft, ihm eine gewisse Geschwindigkeit zu geben, wenn die Reibung vermieden werden kann. Daher bedient man sich des Rollens mit Vortheil beim Aufladen der Fässer, und Ballen wälzt man auf schiefer Ebene hinauf.

§. 20. Wenn man einen Körper vermittelst eines Fadens oder Drahtes an einem Stift aufhängt, so senkt er sich vermöge der Schwerkraft so tief, als die Länge des Fadens zuläßt, und ruht dann. Er giebt dem Faden dieselbe senkrechte Richtung, in welcher er frei herabfallen würde. Man nennt den so aufgehängten Körper ein Loth, einen Pendel, Perpendikel, und die Richtung des Fadens wird von ihm lothrecht, perpendikulär genannt. Das Loth dient den Baugewerben als ein bequemes Mittel die senkrechte Linie zu finden, sonst aber zur Messung der Tiefen. Des Seemanns Loth, auch Bleiwurf oder Sonde genannt, ein rübenförmiges Bleigewicht von 18 — 20 Pfund, zeigt in der Hand des Lothsen die Tiefe des Fahrwassers an.

§. 21. Wenn man den Pendel a b Fig. 5 aus seiner lothrechten Richtung bewegt und in c losläßt, so sinkt er vermöge der Schwerkraft im Kreisbogen herab. Wenn er in b ankommt, ruht er nicht, sondern steigt durch die im Fallen erhaltene Geschwindigkeit in einem eben so großen Bogen b d wieder hinauf. Er fällt mit Beschleunigung und steigt mit Verzögerung, hin und her, gleich einer Kugel, welche innerhalb einer großer Holkugel auf- und abrollt. Man nennt dieses Spiel von c bis d den Schwung des Pendels, das doppelte Fallen und Steigen aber bis zur Rückkehr in c, wo er ausging, also den Weg c b d b c, eine Pendelschwingung, Oscillation, Vibration, oder doppelten Schwung.

§. 22. Da die Schwerkraft hier die Stoßkraft des bewegten Loths auf gleiche Weise abwechselnd erzeugt, vernichtet und wieder erzeugt, so würden die Schwingungen sich immerfort wiederholen

Digitized by Google

und das Loth nie zur Ruhe kommen lassen; aber äußere Ursachen bewirken, daß die Stoßkraft noch anders vermindert wird und daß die Bogen des Steigens, mithin auch die des Fallens, immer kürzer werden, bis endlich das Loth in b stehen bleibt. Der Ursachen dieses Ausschwingens sind drei, die Reibung des Fadens oder Drahts am Aufhängungpunkte, die Seitendrehung des geflochtenen Fadens und der Widerstand, welchen die Luft der Bewegung des Lothes und Fadens entgegensetzt. Der Pendel wird daher länger im Gange erhalten, wenn man dem Lothe Linsenform giebt und eine sehr dichte Masse dazu wählt; wenn man es an einen dünnen und ungedrehten Faden, z. B. einem Haar, oder an einem polirten und an den Seiten zugeschärften Draht aufhängt; wenn man endlich dem Aufhängungstift oben eine scharfe Kante giebt, den Draht aber mit einem elliptischen Ringe einhängt. Auch läßt sich die Abnahme der Stoßkraft ersetzen, wenn man das Loth in c und d gegen Springfedern schlagen läßt. Hält man den Faden in der Hand, so reicht ein unmerklicher Seitenzug hin zur Anregung.

§. 23. Die Zeit in welcher ein Pendel seine Schwingung vollbringt, hängt nicht von der Masse und Dichtigkeit des Loths ab, wol aber von der Länge des Fadens, indem der längere Faden Halbmesser eines größeren Kreises ist, den das Loth durchlaufen muß. Pendel von gleicher Länge schwingen in gleichen Bogen und haben gleiche Schwingzeiten. Bei Pendeln von ungleicher Länge verhalten sich die Schwingzeiten wie die Quadratwurzeln der Längen, nach folgender Reihe:

Längen:	1.	4.	9.	16.	25.	36.	49.	64.	81.	100.
Schwingzeiten:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.

Leicht wird dieses Gesetz durch eine einfache Vorrichtung anschaulich gemacht. Auf einem Fußgestell ab (Fig. 6) steht der Stab cd mit dem Arm de. An den Haken des letzteren hänge man ungleich lange Pendel auf und gebe dem Pendel f 36, g 25, und h 16 Zoll Länge. Läßt man sie zugleich in gleicher Richtung

Digitized by Google

an, so wird f in derselben Zeit vier Schwingungen machen, in welcher g fünf und h sechs Schwingungen macht.

§. 24. Ein Pendel von drei Fuß zwei Zoll oder 38 Zoll rheinländischen Maßes vollendet seine Schwingung in einer Sekunde und behält dieselbe Geschwindigkeit bei, er mag nun einen großen oder kleinen Bogen durchlaufen, selbst bei wiederholter Anregung. Man nennt ihn deshalb einen Sekundenpendel. Ihn wendete Huygens zur Regulirung des Ganges der Wanduhren an, die außerdem vermöge der Beschleunigung des Falles der Gewichte immer schneller gehen würden. Beide verbessern gegenseitig ihre Fehler; denn der Perpendikel hemmt die Eile der Uhr und sie erhält ihn im Gange. An sich selbst schon ist der Sekundenpendel ein sicheres Zeitmaß und macht zu manchen technischen Zwecken die Sekundenuhr entbehrlich, wenn man ihn in der Hand spielen läßt. Kleinere Zeittheilchen als Sekunden zu messen, benutzt man verkürzte Pendel. So gebrauchte Riccioli bei seinen Versuchen über die Beschleunigung des freien Falles kleine Pendel, die in jeder Sekunde sechs Schwingungen machten.

§. 25. Einen merklichen Einfluß auf die Schwingzeit des Pendels hat die Höhe des Ortes, wo er aufgehängt wird. Der Schwerkraft, welche ihn bewegt, wirkt eine andere Kraft entgegen, die Schwungkraft, welche durch Umdrehung des Erdballs erzeugt wird. Weiter vom Mittelpunkte der Erde hinaus wird sie wirksamer und dadurch die Schwerkraft geringer. Aus dieser Ursach schwingen Pendel in bedeutenden Höhen langsamer als in der Tiefe. Pendeluhren, die in der Ebene richtig gingen, gehen daher nach, wenn man sie nach Gebirgorten bringt. Man muß dann den Perpendikel abkürzen, um die Eigenschaft eines Sekundenpendels ihm wieder zu geben, zu welchem Zwecke die Einrichtung dient, daß man die Linse am Drahte auf- und abschrauben kann.

§. 26. Auch die geographische Breite des Ortes hat Einfluß auf die Schwingzeit des Pendels. Ein und derselbe schwingt

Digitized by Google

langsamer, je näher man ihn der Linie bringt, und schneller nach den Polen zu. Richer beobachtete 1672, daß Pendeluhren, die zu Paris Sekunden schlugen, auf der Insel Cayenne zu langsam gingen und um 1¼ Linie verkürzt werden mußten. Weitere Beobachtungen ergaben, daß die Länge des Sekundenpendels auf Cayenne 454½, zu Paris 455,9, zu London 456, zu Pello in Lappland 456½ Linien betrage. Aus diesen Erfahrungen zog Newton den Schluß, daß die Erdoberfläche am Aequator höher als nach den Polen zu, mithin der Erdball keine ganz vollkommene Kugel, sondern ein um die Pole abgeplattetes Sphäroid sey.

§. 27. Wenn Körper in wagerechter Linie mit großer Kraft fortgestoßen werden, so laufen sie zwar eine Strecke in derselben ohne merkliche Abweichung; aber mehr und mehr gewinnt die Schwerkraft Einfluß und zieht sie mit stetig zunehmender Krümmung des Laufes zum Boden herab. Der ganze Lauf bildet den Schenkel einer Parabel, in deren Scheitelpunkt der Körper niederfällt. Den weniger gekrümmten Theil des Laufes bis zur Senkung nennt man in der Geschützkunst den Kernschuß. Seine Länge richtet sich nach der angewandten Stoßkraft. Sie beträgt beim Pistol 150, bei der Büchse 400, bei Kanonen 1000 — 1200 Fuß. Bei schwachem wagrechten Stoße laufen Körper auch in halben Parabeln, aber vom Scheitelpunkte aus, z. B. Kugeln, die vom Tische fallen, Röhrwasser, Katarakte.

§. 28. In schiefer Richtung aufwärts getriebene Körper beschreiben in ihrem Laufe eine vollständige Parabel; denn so lange sie steigen, nimmt durch den Einfluß der Schwerkraft die Krümmung des Laufes stetig zu, nachher aber beim Fallen in umgekehrtem Verhältniß ab. Der höchste Punkt, den ein geworfener Ball oder Stein erreicht, ist der Scheitel der Parabel. Beim Geschütz nennt man diese Bewegungart den Bogenschuß. Er trägt am weitesten, wenn die Erhebung oder Elevation mit der wagerechten Linie einen Winkel von 34° 5′ macht. Ein Pistol

Digitized by Google

trägt im Bogenschuß wol 500, eine Büchse 4000, eine Kanone 12000 Fuß weit.

V. Druck des Festen.

§. 1. Wenn ein fallender Körper den Erdboden erreicht hat, so wirkt die Schwerkraft in der Berührung fort, indem sie uns hindert ihn wieder zu entfernen. Sie erschwert wenigstens das Aufheben, weshalb wir Körper schwer nennen. Dieses Zusammenhalten ist die Wirkung gegenseitiger Anziehung beider Massen; insofern wir sie aber als von dem aufliegenden Körper ausgehend betrachten, nennen wir sie den Druck des schweren Körpers. Er ist nach den Umständen verschieden, dagegen die Kraft der Erdmasse immer dieselbe bleibt.

§. 2. Dieser Druck dauert als eine bewegende Kraft fort in dem Bestreben des Körpers der Erde so nah als möglich zu kommen, wodurch emporgehaltne Körper den Arm ermüden, unterstützte die Unterlage zerdrücken, aufgehängte die Schnur herabziehen, wie bei Gewichtuhren, auch wol zerreißen. Selbst bei unmittelbarer Berührung des festen Bodens äußert sich die Fortdauer des Druckes bewegend in dem Eindrucke, welchen harte Körper in weichen Boden machen. Wenn man ein Gefäß mit einem Gemisch von $\frac{3}{4}$ Pech und $\frac{1}{4}$ Talg ausgießt, so ist diese Masse nach dem Erkalten hart genug dem Drucke des Fingers zu widerstehen; legt man aber irgend einen leichten Körper darauf, z. B. eine Kugel von Pappe, so findet man nach einigen Wochen, daß sie einen Eindruck gemacht hat, den sie späterhin vergrößert.

§. 3. Sehr dichte Körper, die bei vieler Masse wenig Oberfläche haben, mithin weniger Widerstand finden, machen auch in minder weichem Boden einen zunehmenden Eindruck und dringen so tief ein, daß sie endlich bedeckt werden. Darauf beruht das Versinken schwerer Körper, welches wol zuweilen zu irrigen

Digitized by Google

Folgerungen Veranlassung giebt. Wir bemerken es an großen Steinblöcken und Kanonen, die Jahre lang auf einer Stelle liegen bleiben. Die bei dem Brande von Moskau herabgestürzte große Glocke des Kremls lag anfänglich flach auf dem Boden; als sie aber nach einigen Jahren wieder aufgehängt werden sollte, fand man sie über fünf Fuß tief versunken. Neu aufgeführte Gebäude, besonders Thürme, senken sich mehre Jahre, ehe sie sich setzen, d. h. daurenderen Stand bekommen. In sehr langen Zeiträumen sinken sie dennoch tiefer, weshalb man Ruinen, die römischen z. B., tiefer ausgräbt, als sie vordem gestanden haben können.

§. 4. Die Größe des Druckes, welchen ein Körper nach unten ausübt, nennt man das Gewicht, in gewisser Beziehung das absolute Gewicht. Es nimmt ab-, und zu mit der Menge der Theile eines Körpers. Die allerkleinsten Theile aller Körper besitzen einzeln gleiche Schwerkraft und tragen gleichviel bei zu dem Drucke des Ganzen, so daß das Gewicht ihrer Anzahl entspricht. Der Werth an Masse wird daher im Handelverkehr am sichersten durch das Gewicht bestimmt, sicherer als durch Gemäß, welches nur bei gleichförmiger Dichtigkeit die Menge richtig angiebt, oder durch die Zahl, die nur bei gleicher Größe und Dichtigkeit einen Maßstab abgeben kann.

§. 5. Wenn zwei Körper gleich starken Druck nach unten ausüben, so stehen sie im Gleichgewicht. Ungefähr schätzen wir dieses durch Emporheben beider mit der Hand, oder mit beiden Händen. Das Maß der Körperkraft eines Menschen und die nöthige Anstrengung beim Aufheben lehren ihn bei öfterer Uebung Gewichte mit einer Zuversicht schätzen und vergleichen, die wir an Lastträgern und Viehhändlern nicht selten bewundern.

§. 6. Leichter und genauer vergleichen wir Gewichte durch den einfachen Versuch, daß wir zwei Körper an den Enden eines Stabes aufhängen, der um seinen Mittelpunkt beweglich ist. Das größere Gewicht hebt dann sinkend das kleinere in

Digitized by Google

die Höhe; sind aber beide gleich, so wird der Druck des einen durch den des andern unwirksam gemacht und aufgehoben. Eine solche Vorrichtung ist die gemeine Wage. Wenn wir mittelst derselben Gewichte gleich machen, so wägen wir und nennen die Masse, deren Menge dadurch bestimmt ist, abgewogen.

§. 7. Wenn zwei Körper auf der Wage in Gleichgewicht gebracht worden sind, so daß keiner von beiden sinken kann, so kommen sie in gleicher Entfernung vom Mittelpunkt der Erde zur Ruhe, und der Stab, an dem sie hängen, bildet dann mit der senkrechten oder lothrechten Linie (IV, 4, 22) gleiche oder rechte Winkel, welche Richtung man die wagerechte, horizontale nennt. Sie leichter zu finden dient die rechtwinklicht angesetzte Zunge, welche innerhalb der lothrecht hängenden Scheere ruht, wenn das Gleichgewicht hergestellt wird.

§. 8. Die Wage ist in technischer Hinsicht ohne Vergleich das wichtigste aller physikalen Werkzeuge. Wenn sie aber ihrem Zwecke, der sie zum Sinnbilde der Gerechtigkeit gemacht hat, entsprechen soll, muß sie richtig seyn. Dazu ist erforderlich a) daß die Zapfen, mit welchen der Wagbalken in der Scheere ruht, genau den Mittelpunkt der Länge des Wagbalkens durchschneiden; b) daß beide Arme des Wagbalkens gleich schwer sind und ohne Anhängsel schon wagrecht hängen; c) daß die Zunge in der That unter rechten und gleichen Winkeln an den Wagebalken angesetzt sey; d) daß die Wagschalen nicht allein gleiches Gewicht, sondern auch gleiche Größe haben, um gleichen Luftwiderstand zu erleiden; e) daß die Seile, an denen die Schalen hängen, alle gleich lang sind, damit die Richtung des Wagbalkens der Linie parallel sey, in welcher die Schalen hängen. Man prüft die Richtigkeit einer Wage durch Aushängen der Schalen, durch Vertauschung der Schalen und durch Vertauschung der Gewichte.

§. 9. Außer der Richtigkeit fordert der technische Gebrauch, daß die Wage beweglich genug sey, um durch ein geringes

Digitized by Google

Uebergewicht schon aus der Ruhe gebracht zu werden. Man nennt das die Empfindlichkeit der Wage, im Gegentheil aber eine wenig empfindliche Wage träge. Zur Empfindlichkeit ist erforderlich, daß a) die ganze Wage nicht größer sey als der Umfang der zu wägenden Massen nothwendig macht; b) daß die Scheere am Aufhängungspunkte beweglich genug sey, um als Pendel die lothrechte Richtung leicht zu finden; c) daß die Zapfen sich möglichst frei bewegen, weshalb man ihrem Durchschnitt Linsenform giebt und die Zapfenlager in der Scheere elliptisch auspolirt; d) daß der Wagbalken oben und unten zugeschärft sey, um die Luft beim Spiele leichter zu durchschneiden; e) daß die Entfernung der Schalen vom Wagbalken geringer sey als die Länge des Wagbalkens, etwa wie 2 zu 3.

§. 10. Aus der Forderung, daß die Größe der Wage das Bedürfniß nicht überschreiten soll, ergiebt sich schon, daß die verschiedenen Gewerbzwecke mehre Arten der Wage erheischen. Jede derselben hat aber außer der Größe noch andere Eigenheiten, welche ihren besonderen Zweck befördern. Im Allgemeinen muß eine Wage das größte bei ihrem Gebrauch vorkommende Gewicht zu tragen vermögen, zugleich aber von dem kleinsten, welches dabei in Betrachtung kommt, einen deutlichen Ausschlag geben. Beide Vorzüge zu vereinigen ist die Kunst des Wagemachers. Die gebräuchlichen Wagen kann man in fünf Hauptarten theilen, die Lastwage, Krammage, Probirwage, Schnellwage und Federwage.

§. 11. Die Lastwage dient zum Abwägen großer Gewichte, der Waarenballen, des Fleisches u. s. w. weshalb sie geräumig und in allen Theilen stark seyn muß. Der Wagbalken muß viele Centner tragen ohne sich zu biegen, wird deshalb von Eisen, am besten breit ausgeschmiedet. Die Zapfen sind von polirtem Stahl und werden eingeölt. Die Schalen sind platt, von Holz und hängen an Ketten oder Stricken, nur wenig über den Fußboden erhöht. Sie werden nach dem Gebrauch ausgehängt; wenigstens dürfen die eisernen Gewichte nicht in der Schale

Digitized by Google

liegen bleiben. Ist der Raum, wo die Wage aufgehängt werden soll, zu niedrig, so setzt man die Zunge unten am Wagbalken an und läßt sie in der nach unten verlängerten Scheere spielen. Eine gute Lastwage muß von einem Viertelpfund schon Ausschlag geben.

§. 12. Die Kramwage wird beim einzelnen Verkauf zum Abwägen der Pfunde und Lothe gebraucht und muß vom halben Quentchen Ausschlag geben. Die Schalen sind von Messing, beim Droguereihandel auch von Horn. Sind sie von ungleicher Gestalt, wie bei der Lichtwage, so soll doch die viereckte mit der runden gleich große Fläche haben. Sie hängen besser an seidnen Schnuren als an Ketten, weil letztere mehr Staub einnehmen. In beiden Fällen muß die Wage hängen bleiben, nicht zusammengeworfen werden. Die Bügelwagen, deren Schalen an gekrümmten Metallstäben hängen, sind bequem für leichtes Haufwerk. Ein mäßiges Gewicht, an die Scheere angehängt, kürzt das Spielen des Wagbalkens ab. Die Empfindlichkeit wird vermehrt, wenn man die Zunge verlängert. Die Einsatzgewichte von Messing müssen justirt seyn.

§. 13. Die Probirwage dient zur genauesten Abwägung sehr kleiner Gewichte, vom Quentchen herab bis zum Zehntheil eines Grans, muß aber vom Hundertheil schon Ausschlag geben. Es gehören dahin die Wagen der Hüttenprobirer und Münzguardeine, die Goldwagen, die Juwelenwagen und die Recepturwagen, nach denen bedenkliche Arzneien zusammengesetzt werden. Die Empfindlichkeit ist bei denselben so hoch gesteigert, daß der Luftzug schon Ausschlag giebt, weshalb man sie wol unter Glasgehäusen ausspielen läßt. Die Gewichte sind von Platin oder Silber und müssen sorgsam vor Staub und Nässe verwahrt seyn.

§. 14. Die Schnellwage oder Rommana der Araber, deren Erläuterung in die Mechanik gehört, wird hier des Gewerbzweckes wegen mit aufgeführt. Ihr Wagebalken aF (Fig. 7) hat Arme von ungleicher Länge. Sie hat nur Eine Schale, die

Digitized by Google

am kürzeren Arme hängt, gewöhnlich auch nur Ein Gewicht, welches am langen Arme hängt und um so mehr wirkt, je weiter es vom Zapfen c weggeschoben wird, da beim Druckhebel die gleichwirkenden Kräfte sich umgekehrt verhalten wie ihre Entfernungen vom Stützpunkte. Wenn ein Gewicht in d, bei gleicher Entfernung mit a, Ein Pfund im Gleichgewichte hält, so wird es bei doppelter Entfernung in e zwei Pfund, in f bei dreifacher Entfernung drei Pfund aufwiegen u. s. w. Die Schnellwage wurde vordem nur als Kramwage gebraucht; aber Leupold lehrte sie 1718 als Lastwage einrichten, wie denn seitdem nach dem Muster der von ihm erbauten Leipziger Heuwage viele ähnliche angelegt wurden. Sie hat zwei Aufhängungpunkte für die Last und drei Gewichte. Sie wägt Lasten von 60 Centnern, giebt aber vom halben Pfunde schon Ausschlag.

§. 15. Die Federwage oder Ziehwage hat weder Wagbalken, noch Schalen und Gewicht; denn die Elasticität einer Stahlfeder wirkt hier als Gegenkraft der Schwere. Ein Cylinder a b (Fig. 8) wird am Ringe c emporgehoben. Innerhalb desselben ist die Stange d frei beweglich, ihr Kopf wird aber durch eine starke Springfeder oben angedrückt. Die zu wägende Last wird an den Haken e gehängt. Sie zieht nach Verhältniß ihrer Größe die Stange heraus, indem die Feder zusammengedrückt wird. An der Eintheilung der Stange zählt man von unten die Pfunde der Last. Die einfache Federwage ist als Handwage wol bequem zum ökonomischen Gebrauche, gewährt aber wenig Genauigkeit und bleibt trotz den Verbesserungen von Rosenthal, Prasse u. A. den Mängeln der Elasticität (II, 37) unterworfen.

§. 16. Zum Abwägen mit Hebelwagen sind Körper von schon bekanntem Gewichte als Wägmaße oder Gegengewichte erforderlich, die wir gewöhnlich schlechthin Gewichte nennen. Leider haben sie örtlich verschiedene Eintheilung und Größe, und es wäre sehr zu wünschen, daß Norddeutschland sich vereinigen möchte

Digitized by Google

das neue preussische Gewicht allgemein anzunehmen. Außerdem weicht die Abstufung und Benennung der Gewichte nach Verschiedenheit der Gewerbe ab, so daß wir ohne wesentlichen Nutzen besondere Kramgewichte, Medicingewichte, Gold-, Silber- und Juwelengewichte unterscheiden.

§. 17. Das gemeine Handelgewicht oder Kramgewicht hat zwar meistens gleiche Abtheilung und Benennung der Theile, indem das Pfund 32 Loth, das Loth 4 Quentchen enthält; aber die Größe des Pfundes ist so ungleich, daß man oft an einem und demselben Orte nach dreierlei Gewicht wägt, was nur dem Betruge förderlich seyn kann. Das neue preussische Pfund hat dadurch eine unveränderliche Größe erhalten, daß man das Gewicht eines preussischen Würfelfußes reinen Wassers bei mittlerer Temperatur (15° R.) zu 66 Pfund annahm, nach welchem Satze jede Gewichtabstufung nur um $\frac{1}{512}$ kleiner ist als die gleichnamige des älteren Pfundes. Das neue preussische Loth dient demnach als eine sichere Grundlage zur Vergleichung der bei besonderen Gewerben gebräuchlichen Gewichte, wie z. B. 9 preussische Quentchen mit 160 Karaten des Juwelengewichtes übereinkommen.

§. 18. Das Lastgewicht des Großhandels ist nicht minder verschieden und dessen Abstufung nur ungefähr anzugeben. Die Schifflast wird zu 4000 Pfund gerechnet, auch nach dem neuen preussischen Pfunde; die Tonne, als halbe Last, zu 2000 Pfund. Das Schiffpfund hält meistens 300 Pfund, an einigen Orten aber 340, auch 400. Der preussische Centner hat 110 Pfund, anderwärts 100, 108, auch 112 Pfund. Der Stein hat, als $\frac{1}{5}$ des Centners, 20, 21, 22 und 24 Pfund, das Liespfund 15 Pfund.

§. 19. Als Medicingewicht ward bei der früheren Verwirrung aus ärztlicher Vorsicht das alte römische beibehalten, dessen Pfund 12 Unzen, die Unze 8 Drachmen, die Drachme 3 Skrupel, der Skrupel 20 Gran beträgt. Die Drachme war

Digitized by Google

etwas größer als ein Quentchen Handelgewicht; bei dem neuen preussischen Medicinalgewicht ist sie ihm aber gleichgesetzt worden, so daß nun die Unze 2 Loth, das Medicinpfund 24 Loth beträgt. Jedes neue Gewicht ist um $\frac{1}{25}$ geringer als das gleichnamige alte.

§. 20. Als Silbergewicht war bisher schon das kölnische Markgewicht weit verbreitet, dessen Mark in 16 Loth, dessen Loth aber in 18 Grän getheilt wird. Die Mark vergleicht sich nun mit einem halben preussischen Pfunde, indem das neue preussische Handelgewicht dem kölnischen Markgewichte angepaßt wurde. Jedoch wird das Loth des preussischen Gold- und Silbergewichts in 10,000 Richttheile getheilt, welche demnach viel kleiner sind als die älteren Richtpfennigtheile der Münzprobirer, deren 4096 auf ein Loth, 65,536 auf die Mark gingen.

§. 21. Der §. 5 von zwei Körpern gebrauchte Ausdruck: Gleichgewicht gilt unter gewissen Umständen auch von einem einzelnen festen Körper. Es ist nicht nothwendig, daß er in allen Punkten unterstützt sey, damit er ruhe, nicht falle. Wenn nur die Mitte unterstützt wird, so daß auf den entgegengesetzten Seiten gleich viele schwere Theile überhängen, so wird deren Druck gegenseitig aufgehoben, wie beim Wagebalken, und es ist, so lange der Zusammenhang fortdauert und keine äußere Ursach das Gleichgewicht der Theile stört, eben so gut, als ob der Körper überall unterstützt wäre. So ruht z. B. eine Kugel von gleichförmiger Masse auf jedem Punkte ihrer Oberfläche.

§. 22. Derjenige Punkt im Innern eines festen Körpers, von welchem aus nach entgegengesetzten Seiten gleich viel schwere Theile liegen, wird der Mittelpunkt der Schwere oder Schwerpunkt genannt. Das Gleichgewicht eines Körpers ist hergestellt, wenn er in senkrechter Linie unter dem Schwerpunkte aufliegt oder über ihm hängt. Bei Körpern von gleichförmiger Dichtigkeit und regelmäßiger Gestalt hat der Schwerpunkt eine bestimmte Lage. Bei der Kugel liegt er im Centrum, bei dem Cylinder im Halbirungpunkte der Achse, bei dem geraden Prisma ebenda,

Digitized by Google

bei der Halbkugel in $\frac{3}{8}$ des Halbmessers vom Centrum aus, beim Kegel und der Pyramide in $\frac{1}{4}$ der Höhe von der Spitze aus. An unregelmäßigen Körpern finden wir ihn nöthigenfalls durch Probiren, indem wir sie auf scharfe Kanten legen oder an Fäden aufhängen.

§. 23. Wenn der Schwerpunkt eines Körpers durch einzelne, senkrecht unter ihm liegende Punkte unterstützt wird, so ist er leicht beweglich, indem eine Seite die andere trägt und der geringste Anstoß zureicht einer von beiden Uebergewicht zu geben. Ist die unterstützte Fläche walzenförmig, so rollt der Körper auf derselben hin und her, wie Pendel schwingen, was man das Wiegen nennt. Die Kunst benutzt das wol zur leichteren Bewegung, wie bei der Kinderwiege, dem Wiegenpferd u. s. w. Vorrichtungen dieser Art im Großen sind die noch erhaltenen Loganfelsen der Druiden, Massen von mehren tausend Centnern, die der Finger bewegt.

§. 24. Wenn mit dem Schwerpunkte die eine Hälfte eines Körpers unterstützt ist, so fällt die Beweglichkeit weg und der Körper steht dann schon, wie z. B. der Rautenkörper auf jeder Fläche steht. Der Stand ist um so sicherer, wenn die unterstützte Fläche den größeren Theil der Grundfläche ausmacht, auch Befestigung am Boden mitwirkt. Darum stehen so manche Gebäude seit Menschengedenken unveränderlich, wiewol sie vordem durch Senkung des Bodens eine schiefe Stellung angenommen haben. Der viereckte Thurm la Garisenda zu Bologna, der 130 Fuß Höhe hat, hängt so stark über, daß ein von oben herabgelassenes Loth 7 Fuß von der Grundmauer abweicht. Der hängende Thurm zu Pisa steht ganz frei, ist 188 Fuß hoch und trägt sieben Glocken. Das von der Zinne herabgelassene Loth hängt 15 Schuh vom Fuße ab, und dennoch steht der Thurm seit 1174.

§. 25. Ein Körper widersteht überhaupt um so sicherer dem Umwerfen durch äußeren Stoß, je größer die wirklich unterstützte

Digitized by Google

Fläche im Verhältniß zu seiner ganzen Oberfläche ist. Desto tiefer liegt dann der Schwerpunkt und desto größer ist der Bogen, den er beschreiben müßte, um außerhalb der Unterstützung zu kommen. Darin besteht der Unterschied der Begriffe des Stehens und des Liegens der Körper. Gefäße, die abgekürzte Kegel darstellen, stehen der Lage des Schwerpunkts wegen (§. 22) sicherer auf der größeren Grundfläche. Auf gleichem Grunde beruht der ägyptische Pyramidenbau, die Böschung der Festungswerke, der Gebrauch der gothischen Stufenpfeiler u. s. w.

§. 26. Wenn ein Körper ungleiche Dichtigkeit hat, so liegt der Schwerpunkt näher nach dem dichtern Theile zu, oder in demselben. Daher stehen solche Körper sicherer auf dem dichteren Theile, weshalb man Lampen und Leuchtern massive Metallfüße giebt. Auch Schränke, Oefen und Säulen stehen fester, wenn die Masse nach der Grundfläche zu dichter wird. Bei sehr großem Unterschiede der Dichtigkeit wiegen sich freistehende Körper auf dem dichteren Theile und können nicht zum Fallen oder Rollen gebracht werden, wie z. B. jene Figuren von Holundermark mit angesetztem Kugelabschnitt von Blei. Fallen solche Körper, so kommen sie jedesmal auf den dichteren Theil zu stehen, welches Betrüger mißbrauchen, um falsche Würfel zu bereiten, die, einseitig mit Blei ausgegossen, meistens auf diese Seite fallen, wenn sie hoch genug geworfen werden.

§. 27. Wenn hole oder durchbrochene Körper in ihrem Schwerpunkt selbst unterstützt werden, so können sie gar nicht umfallen, sondern schweben auf diesem einzigen Punkte und wiegen sich hin und her, wenn sie durch äußere Kraft bewegt werden. Ein rübenförmig abgedrehtes Holzstäbchen, in welches man drei Federmesser unter gleichen Winkeln einsticht, so daß das Ganze eine dreiseitige Pyramide darstellt, die Spitze des Rübchens aber den Schwerpunkt, läßt sich mit der Spitze auf einen Bleistift stellen. Die Nürnberger Styliten zeigen Ebendasselbe in eleganterer Form. Wichtiger ist die Anwendung,

Digitized by Google

welche die Kunst vom unterstützten Schwerpunkt macht, um Magnetnadeln und elektrische Boussolen mit dem Hütchen auf feinen Spitzen leichtbeweglich schwebend zu erhalten. Auch jenes Spielwerk kann nützlich angewendet werden, um ausgestopfte Raubvögel in Gärten als Vogelscheuchen auf Stangen zu stellen.

§. 28. Ein Körper der schnell umgedreht wird, erhält sich schwebend, so lange der Umschwung dauert, wenn auch der Schwerpunkt hoch über dem Stützpunkt liegt, selbst dann, wenn der Schwerpunkt nicht einmal senkrecht unterstützt ist; denn ehe er umfallen kann, wird durch den Umschwung die Seite des Uebergewichts verwechselt und das Kreisen des schon sinkenden Theiles erzeugt für den ganzen Körper Gleichgewicht. Darauf beruhen die Kinderspiele mit dem Kreisel, dem Tanzbär, der Nonne u. s. w.

§. 29. Der Schwerpunkt des Menschen liegt nach Borelli's Versuchen genau in dem Winkel zwischen beiden Füßen. Wenn wir aufrecht auf beiden Füßen stehen, so ist die Unterstützungsfläche ein Viereck, welches beide Fußspitzen und Ferse bilden. Wir stehen so lange sicher, als die lothrechte Linie, welche durch den Schwerpunkt geht, innerhalb des Vierecks trifft. Wir stehen um so sicherer, wenn wir die Unterstützungsfläche vergrößern, weshalb der Seemann wie der Fechter mit ausgespreizten Beinen zu stehen pflegt. Unbewußt erhalten wir möglichst den Schwerpunkt senkrecht über der Mitte der Grundfläche, beugen uns auch danach auf abhängigem Boden. Der Schwerpunkt eines Menschen, der eine Last auf dem Rücken trägt, ist nach hinten zu verlegt, der des Dickbauchs nach vorn; darum beugt sich jener vor und dieser zurück. Nur Schwindel oder Trunkenheit unterbrechen diese instinktartigen Gewöhnungen. Mahler und Bildhauer müssen jene Umstände wol beachten, um ihre Figuren nicht fallend darzustellen.

§. 30. Wenn der menschliche Körper so weit vorgebeugt wird, daß die lothrechte Linie vom Schwerpunkte außer der Unter-

Digitized by Google

ſtützungfläche trifft, ſo fällt er; wird aber die Unterſtützungfläche durch Vorſchreiten verlegt, ſo wird dadurch das Loth wieder aufgefangen, ehe noch der Fall Geſchwindigkeit erlangen kann. Das Wechſelſpiel dieſer Zuſtände findet beim Gehen, Tanzen, Stelzenlaufen und Schlittſchuhfahren Statt. Die Kunſt der Seiltänzer und Aequilibriſten iſt nur eine erhöhte Fertigkeit, die Unterſtützung des Schwerpunktes in jedem Augenblicke wiederherzuſtellen. Den Balancirern kommt es zu Statten, wenn der Schwerpunkt des Körpers, den ſie ſtützen, ganz oben liegt, weil er dann beim Fallen einen großen Bogen durchlaufen muß und leichter durch eine Seitenbewegung oder durch Umdrehung, wie beim Kreiſel, gefangen wird, weshalb z. B. ein Degen leichter auf der Spitze als auf dem Knopf erhalten werden kann. Die Seiltänzer verlegen den gefährdeten Schwerpunkt durch Ausreckung der Arme, Anfänger durch Balancirſtangen. Auch der Reiter hat den ihm und dem Pferde gemeinſchaftlichen Schwerpunkt zu wahren, verlegt ihn nach Befinden durch ſeine Haltung, rückwärts beim plötzlichen Anhalten, vorwärts zur Eile.

VI. Druck des Flüſſigen.

§. 1. Auch bei flüſſigen Körpern entſpricht die Stärke des Druckes, ihr abſolutes Gewicht, der Zahl ihrer Maſſentheile. Wenn ſie geſperrt ſind, daß ihre Theile ſich nicht zerſtreuen, kann demnach ihre Maſſe durch Wägen geſchätzt werden. Die Sperrung geſchieht durch feſte Holkörper oder Gefäße, deren Gewicht von dem gemeinſchaftlichen Gewichte abgezogen werden muß. Gewöhnlich wird zuvor das Gefäß allein mit Gegengewichten und Schrotkörnern ins Gleichgewicht gebracht, was man Tariren nennt. Soll das abgewogene Flüſſige ausgegoſſen werden, ſo müſſen da, wo Genauigkeit erfordert wird, die Gefäße naß tarirt werden, weil außerdem das Anhaften die Maſſe vermindert.

Digitized by Google

§. 2. So weit flüssige Körper gleiche Dichtigkeit besitzen, mithin die Masse der Größe entspricht, ist es freilich bequemer sie zu *messen*, wenn das Gewicht des Gemäßes bekannt ist. So rechnet man z. B. das Berliner Quart, welches $\frac{1}{27}$ Kubikfuß oder 64 Kubikzoll enthält, zu $2\frac{1}{2}$ Pf. Wasser, das Dresdner Maß zu 2 Pf. Wasser. In manchen Fällen bedient man sich zum Messen des Flüssigen mit Vortheil *ausgeaichter* Glascylinder mit äußerlich angebrachter Theilung, deren Striche den Inhalt von einem Kubikzoll bis zum andern, oder gleiche Gewichte anzeigen. Um einen Cylinder nach dem Gewicht zu aichen, tarirt man ihn auf der Wage, legt nach und nach gleiche Gegengewichte auf, gießt Flüssiges durch enge Trichter zu, bis Gleichgewicht erfolgt, und bemerkt den Stand äußerlich durch Striche.

§. 3. Die Theile eines flüssigen Körpers drücken alle mit gleicher Kraft nach unten. Mithin wird der Druck des einen durch den des andern aufgehoben und getragen. Keiner kann aus eigner Kraft sinken, und das früher Eingegossene bleibt unten, wenn das Zugegossene nicht durch den Fall Stoßkraft erlangt, welches durch Ablaufen an den Wänden vermöge der Adhäsion des Gefäßes vermieden werden kann. Mit Safran gelbgefärbtes Wasser, mit Lackmuß blau gefärbtes und mit Fernambukholz rothgefärbtes, lassen sich so in beliebiger Abwechselung aufeinanderschichten, ohne vermengt zu werden. Diesen Gegendruck der Theile und die durch ihn bewirkte Ruhe des Ganzen nennt man das *Gleichgewicht* des Flüssigen, wobei demnach von einem Schwerpunkt nicht die Rede ist.

§. 4. Da die obersten Theile eines versammelten Flüssigen alle mit gleicher Kraft nach unten drücken, von den unteren mit gleicher Kraft getragen werden, auch alle gleichen Luftdruck erleiden, so lagern sie sich in gleicher Entfernung vom Mittelpunkt der Erde, mithin im Großen nach der Kugelfläche, im Kleinen zur wagerechten Ebene, die man den *Wasserpaß*, das Niveau, nennt. Der wagerechte Stand ist also Wirkung des Gleichgewichtes,

Digitized by Google

nicht das Gleichgewicht selbst, wiewol wir dieses an jenem wahrnehmen. Bei sehr kleinen Massen und in engen Gefäßen ist der wagerechte Stand abgeändert, indem der Zusammenhang des Flüssigen Tropfbarkeit (II, 42), das Anhaften aber hohen Rand (III, 22) erzeugt. Diese letztere Einwirkung erschwert die Beobachtung des eigentlichen Niveaus in Gefäßen, kann aber beim Ausaichen der Gläser durch Abreiben der Innenfläche mit ein wenig Unschlitt abgewendet werden.

§. 5. Flüssige Körper von verschiedener Dichtigkeit mischen sich vielleicht beim Zusammengießen, trennen sich aber, wenn sie nicht verwandt sind, von selbst wieder und schichten sich übereinander nach der Ordnung, in welcher ihre Dichtigkeiten abnehmen. Ein Tropfen des dichteren Flüssigen enthält mehr schwere Theile und besitzt demnach mehr Schwerkraft als ein Tropfen des weniger dichten. Sie stehen also nicht im Gleichgewicht; der eine sinkt und hebt den andern. Aber die gleichartigen Tropfen lagern sich zusammen, weil sie gleichen Gegendruck ausüben. Eine Schichtung von vier verschiedenen Körpern, die sogenannte Elementarwelt, geben: Quecksilber, gesättigte Kaliauflösung, Alkohol und Terpentinöl, oder auch: Eisenfeil, Kaliauflösung, rothes Steinöl und Alkohol.

§. 6. Durch Erschütterung wird das Gleichgewicht des Flüssigen zwar gestört; allein die Schwerkraft stellt es wieder her, indem sie die Kraft des äußeren Stoßes nach und nach vernichtet. Der Kampf beider zeigt sich im Wellenschlagen. Die bewegten und die niederdrückenden Massen lehnen sich gegen einander auf. Die Stoßkraft siegt, so lange der Stoß wiederholt wird; außerdem gewinnt die stetig fortwirkende Schwerkraft mehr und mehr Gewalt, die Wellen nehmen ab und die krause Oberfläche kehrt zum Spiegel zurück. An diesem Spiele nimmt bei großen Massen des Flüssigen nur eigentlich die Oberfläche Theil. Die empörten Wellen der stürmenden See wühlen nur so tief unter sich, als hoch sie sich über den Wasserstand erheben. Tiefer

Digitized by Google

hinab sind ihre Bewohner in Ruhe. Könnte der Seemann mit wasserdichtem Dampfschiff den Fischen gleich untertauchen, würde er dem Sturm entgehen.

§. 7. Wenn heterogene Flüssige über einander lagern, z. B. Oel auf Wasser, so wird die Erschütterung des einem dem andern kaum mitgetheilt. Das geschüttelte Wasser kann in großer Bewegung seyn, ohne daß das Oel seinen wagerechten Stand verliert. Auch siedendes Wasser wird durch aufgegossenes Oel beruhiget. Darauf baute Muschenbroek die Idee, daß stürmende Wogen durch Ausgießen einiger Tonnen Oel beruhiget werden würden. Indessen steht hier das Mittel mit der zu zähmenden Gewalt in keinem Verhältniß. Als ein mit Oel beladenes Schiff unweit Barcellona Schiffbruch litt und der Inhalt der zerschellten Tonnen das Wasser bedeckte, ebnete das Oel die Fluten nur da, wo es handhoch auflag.

§. 8. Denkt man sich den Fall, daß eine flüssige Masse von einem zweiten Erdkörper abwechselnd angezogen würde, so müßte das Gleichgewicht derselben immerfort gestört werden und ein schwingendes Wellenschlagen verursachen. Der Fall ist wirklich vorhanden. Der Mond hat mit der Erde und allen Himmelskörpern die Schwerkraft gemein, wird durch sie verhindert der Erde zu entfliehen, wirkt vermöge derselben auch auf die Erde zurück, vornehmlich auf ihre flüssige Umgebung. Die Masse des Oceans erhebt sich da, wo der kreisende Mond ihm gegenübersteht, und zieht sich von den Ufern ab, sinkt aber zurück, wenn der Stand des Mondes sich ändert, und schlägt an die Ufer an. Auf der hohen See wird diese Wechselbewegung nicht merklich; desto mehr an den Küsten, wo sie die Ebbe und Flut erzeugt und regelmäßig nach 6 Stunden und 12 Minuten abwechselt. Ebbe ist, wenn das Wasser von der Küste zurückweicht. Die Mündungen der Flüsse entladen sich dann und der Schiffer geht leichter in See. Flut ist, wenn die Wogen nach dem Lande zu andrängen, flache Gestade überschwemmen, an Felsen sich in

Digitized by Google

wilder Brandung brechen, den Ausfluß der Ströme hemmen, aber das Anlanden befördern.

§. 9. Am stärksten ist die Flut im Vollmond und im Neumond, etwa zwölf Stunden nach deren Eintritt, am schwächsten 36 Stunden nach dem ersten und dritten Viertel. Ist der Mond voll oder neu und zugleich in der Erdnähe, so werden die Fluten desto gewaltiger und heißen dann Springfluten. Wird die Flut durch heftige Winde noch mehr aufgeregt, so wird sie als Sturmflut dem Schiff im Hafen gefährlich. Treffen aber beide Umstände zusammen, so wird die Spring- und Sturmflut ganzen Küsten verderblich, wie eine solche im Februar 1826 unsere Nordküste traf. Die Lage der Küste hat auch großen Einfluß auf die Stärke der Flut, weshalb die Höhe derselben an einigen Orten nur 5 — 6 Fuß, an andern aber 30, 40, 50 Fuß beträgt.

§. 10. Dieselbe Schwerkraft, welche dem Flüssigen in Behältern wagerechten Stand giebt, nöthiget es auf schiefer Ebene gleich Kugeln herabzurollen, abzufließen, so lange es noch tiefere Stellen offen findet. Bei ganz ebener Schiefe ist die ganze Masse des Flüssigen in gleitender Bewegung; aber auf unebenem Boden fließt die obere Schicht stärker, weil der Inhalt der Vertiefungen entweder schon seinen tiefsten Stand erreicht hat oder doch Widerstand findet, dem Boden anhaftet und darum zurückbleibt. Diesen Unterschied der Geschwindigkeit beobachtet man da, wo ein Fluß an Tiefe abnimmt, an einem langen, am Ende mit Eisen beschlagenen Stabe, welcher im Wasser schwimmend sich vorwärts neigt.

§. 11. Die Hemmung am Boden vermindert die Geschwindigkeit des Fließens um so mehr, je geringer die Neigung des Bodens ist, und fordert da, wo Wasser abgeleitet werden soll, besondere Rücksicht, damit das Wasser nicht endlich gar stehen bleibe. Es ist nicht genug, daß die Höhe der beiden Endpunkte überhaupt verschieden sey, sondern der Unterschied muß auch in Verhältniß der Entfernung beider Punkte beträchtlich genug seyn.

Digitized by Google

Den Unterschied der Höhe nennt man den Fall, das Gefälle. Soll das Wasser in geradlinicht fortgeführten Kanälen und Stollen leicht abfließen, so muß man ihm auf 400 Fuß Entfernung wenigstens 1 Fuß Gefälle geben, oder auf hundert Klaftern zwanzig Zoll, welches nothdürftige Gefälle der Bergmann die Rösche nennt.

§. 12. Bei fortwährendem Fließen erlangt das Wasser, gleich dem auf schiefer Ebene herabrollenden Festkörper, eine beschleunigte Geschwindigkeit, vermöge deren es im Wege liegende Körper mit sich fortführt. Diese durch den Fall entstehende Schiebkraft nennt man den Strom. Seine Stärke hängt eines Theils vom Gefälle ab, mit dessen Vermehrung er reißend wird. Aus diesem Grunde fließen die Flüsse am Abhange der Gebirge rascher als nach der Mündung hin, und gebirgige Länder haben leichteren Abfluß als flache, wie Rußland. Bei gleichem Falle hängt außerdem die Gewalt des Stromes von der Länge des ungehemmten Laufes ab, welche die Fallbeschleunigung bewirkt. Darauf beruht die Bestimmung der Bezirke der Mühlengerechtigkeit.

§. 13. Wenn der Strom plötzlich Raum unter sich gewinnt, so stürzt er in paraboliſchen Bogen als Wasserfall herab und erlangt nun statt der verlorenen Schiebkraft bei freiem Falle eine weit mehr beschleunigte Geschwindigkeit, vermöge deren das Wasser nach IV, 13 eine um so größere Gewalt ausübt, je höher es herabstürzt. Ein starker Bach, der wenige Fuß hoch herabfällt, treibt ein oberschlächtiges Mühlrad nicht rascher als ein schwacher Quell bei hohem Falle. Die Kunsträder in Gruben werden oft durch sehr dünne Wasserstralen bewegt, die man vom Tage in Röhren hereinfallen läßt. Fallen aber große Wassermassen aus bedeutender Höhe, wie z. B. der Rheinfall 80 Fuß, die Niagara 140 Fuß, der Montmorency 220 Fuß hoch und die Bogoda 500 Fuß, so treffen sie mit zerstörender Gewalt auf und hölen Felsenbecken aus.

§. 14. In Behälter eingeschlossen, übt das Flüssige nicht blos nach unten, sondern durch Rückwirkung auch nach den Seiten

Digitized by Google

hin Druck aus. Ein solcher Seitendruck wird wahrgenommen, wenn man eine Glasröhre in eine Blase bindet, letztere mit Wasser füllt und unter Wasser taucht, in welchem Falle der Seitendruck des äußeren Wassers das innere in der Röhre desto höher hinauftreibt, je tiefer die Blase untergetaucht wird. Wenn man eine Tonne in gleichen Zwischenräumen von oben nach unten anbohrt und dann mit Wasser füllt, so wird das Wasser durch alle Oeffnungen ausströmen, aber mit sehr verschiedener Kraft, welche der Quadratzahl der Höhe des überstehenden Wassers entspricht, weshalb die Parabeln der Stralen einander durchkreuzen. Der gesteigerte Seitendruck des Wassers zerbricht dünne Flaschen, die man tief untertaucht. Derselbe bewirkt auch, daß anschwellende Ströme die Dämme des Uferbaues, Gebirgseen sogar Bergrücken durchbrechen.

§. 15. Der nach unten gerichtete Bodendruck des Flüssigen ist in cylindrischen Gefäßen von gleicher Höhe und Weite doppelt so stark als der nach den Seiten. Der Bodendruck nimmt ebenfalls mit der Quadratzahl der Höhe der Wassersäule zu. Wenn eine Wassersäule von gewisser Höhe mit der Kraft von 1 Pf. auf den Boden drückt, so drückt sie bei doppelter Höhe mit 4, bei dreifacher mit 9, bei vierfacher mit 16, bei fünffacher mit 25 Pf. u. s. w. Eine sehr praktische Anwendung davon finden wir in Cleland's Filtrirbeutel zur Reinigung des Zuckersaftes beim Raffiniren. Es ist ein cylindrischer Beutel von Leinwand, sechs Fuß lang und drei bis vier Zoll im Durchmesser. Viele solche Beutel hängen vermittelst dicht anschließender Metallringe in dem durchlöcherten Boden der mit Zuckersaft angefüllten Cisterne. Der durch ihre Höhe gesteigerte Bodendruck beschleuniget das Durchseihen des eingedickten Saftes, der außerdem zu zäh seyn würde.

§. 16. Es ist kaum nöthig zu bemerken, daß der Bodendruck einer Wassersäule auch mit ihrem Durchmesser zunehmen müsse, wie der kubische Inhalt der Säule. Desto auffallender ist aber

Digitized by Google

die Erfahrung, daß auf die Weite der Röhre wenig ankomme, wenn nur die Grundfläche des Bodens durch Ansetzung eines weiteren Cylinders vergrößert wird. Der Bodendruck ist dann gleich dem Produkt aus der erweiterten Grundfläche und der Höhe. Wenn die Röhre a b (Fig. 9) auf dem Cylinder d f steht und beide mit Wasser gefüllt sind, so drückt die Wassersäule a b zwar unmittelbar nur auf ihre Grundfläche b c, allein diese wirkt mit dem empfangenen Drucke auf alle Punkte der Innenfläche des Cylinders und es ist eben so gut, als ob eine Wassersäule von gleichem Durchmesser und der Höhe a e auf der Grundfläche e f ruhe. Ist die Grundfläche e f 1 Quadratfuß groß, die Höhe aber 30 Fuß, so drückt die Wassersäule mit dem Gewicht vom 30 Kubikfuß Wasser oder etwa 2000 Pfund, wenn auch das aufgesetzte Rohr nur 1 Zoll Durchmesser hätte.

§. 17. Auf jener merkwürdigen Steigerung des Wasserdruckes beruht die technisch so wichtig gewordene Erfindung der Wasserpresse des Grafen Real. Man denke sich d f als ein starkes Faß, in dessen Deckel ein blechnes Rohr a b dicht eingeschroben ist. Wird das Faß mit einem gepulverten Körper angefüllt, der im Wasser auflösliche Theile enthält, das Rohr aber mit Wasser, so drückt dieses mit der berechneten Kraft auf den ganzen Inhalt des Fasses und die Auslaugung geschieht in kurzer Zeit vollständiger, als durch langes Auskochen und Auspressen. Man erhält auf diese Weise die auszugfähigen Theile ganz unverändert und ohne Verlust der flüchtigen, die das Kochen verjagen würde. Oeffnet man nach einer halben Stunde den Hahn e, dessen Rohr innerlich mit Tuch bedeckt ist, so läuft ein syrupdicker Extrakt ab. Das nachlaufende Schwächere wird wieder aufgegeben, bis alle Kraft ausgezogen ist. Diese Vorrichtung ist von der größten Wichtigkeit für Apotheker zur Extraktion der Arzneimittel, für Bierbrauer zur Ausziehung des Malzes und Hopfens, für Gerber zur Bereitung gesättigter Lohbrühen. Nur muß die Vorrichtung dicht und dauerhaft seyn. Zu Andernach sprang ein mit eisernen

Digitized by Google

Reifen gebundenes Faß, wiewol die darauf drückende Wassersäule nur fingerdick und 24 Fuß hoch war.

§. 18. Wenn zwei senkrechte Röhren, wie ab und cd Fig. 10, unten durch ein Seitenrohr verbunden sind und eine von beiden mit Wasser gefüllt wird, so steigt dieses in der andern empor, bis es in beiden gleich hoch steht, wo durch das Gleichgewicht eben so wiederhergestellt wird, als wenn beide Wassersäulen Theile einer ruhig stehenden Wassermasse wären. Die Linie ef, welche durch beide Wasserstände gezogen werden kann, ist die wagerechte. Man benutzt sie beim Nivelliren mit der eigentlichen Wasserwage zur Auffindung gleich hoher Punkte, mittelbar zur Messung geringer Erhöhungen. Hierbei ist jedoch anzumerken, daß der wagerechte Stand nur dann statt findet, wenn beide Röhren mit einer und derselben Flüssigkeit angefüllt sind. Werden die Röhren mit Flüssigem von verschiedener Dichtigkeit gefüllt, z. B. die eine mit Wasser, die andere mit Oel, oder die eine mit heißem Wasser, die andere mit kaltem, so drückt die dichtere Flüssigkeit die andere über den wagrechten Stand um so höher hinauf, je größer der Unterschied ihrer Dichtigkeiten ist.

§. 19. Wenn verbundene Röhren ungleiche Weite haben, wie ab und cd Fig. 11, so steht Flüssiges von gleicher Dichtigkeit dennoch in beiden gleich hoch. Zwar ist das absolute Gewicht des Inhalts von eb größer als von fd; allein das Gleichgewicht hängt von der Schwerkraft der flüssigen Theile ab, welche hier ebenso einander tragen, als ob die Unterbrechung gh nicht vorhanden und ed Eine Röhre sey. Nur in dem Falle würde der Stand ungleich seyn, wenn fd ein Haarröhrchen wäre, mithin ihr Stand durch Adhäsion nach III, 23 erhöht würde. Außerdem vermag ein Stückfaß voll Wasser den Stand in einer mit ihm verbundenen Barometerröhre nicht über den eignen zu erhöhen. Man benutzt dieses technisch, um den Stand des Flüssigen in Fässern oder Blasen, die hier eb darstellt, an angesetzten Glasröhren, die man Standmesser nennt, zu beobachten.

Digitized by Google

§. 20. Wird ein Theil des Flüssigen aus dem engen Rohre cd weggenommen, so ersetzt die entgegengesetzte Wassersäule den Abgang, bis beide wieder im Gleichgewicht stehen. Dadurch wird freilich der Stand in beiden vermindert; die Abnahme wird wird aber in f nicht merklich, wenn der Behälter ab von sehr großem Umfange ist. Auf diesem Grunde beruht die Eigenschaft der sogenannten Standbrunnen, welche Jahr aus, Jahr ein, denselben Stand behalten, man mag viel, wenig oder gar nichts ausschöpfen. Solche Brunnen stehen mit irgend einer großen Wasserfläche im Gleichgewicht, z. B. mit dem Spiegel eines Flusses, mit Hölenwassern, einem Landsee oder dem Meere. Beispiele von Standbrunnen sind: der berühmte deutsche Born zu Halle, die Grundwasser-Brunnen der an Flüssen gelegenen Dörfer und die Sodbrunnen der Seeküsten, welche filtrirtes Seewasser geben.

§. 21. Wenn ein senkrechtes Rohr cb Fig. 12 mit einem geneigten Rohre ab verbunden ist, so steht Flüssiges in beiden gleich hoch, in wagerechter Linie ef, so daß die lothrechten Linien ed fb sind. Fällt Wasser in ab herab, so steigt es in bf eben so hoch. Damit sind jene Brunnen zu vergleichen, welche auf streichende Quellen angelegt werden, indem man senkrecht bis auf das erste ganze Steinlager niederbricht. Das geneigte Rohr ab stellt die Lagerklüfte vor, in welchen die Wasser streichen; das Rohr cb aber den Brunnen. Die Wasser sammlen sich im Brunnen, wenn sie darin leichter Ausgang finden als bei weiterem Fortstreichen, und steigen nach und nach bis zu gleichem Stande. Solche Brunnen laufen über, wenn der Zufluß von a den Abfluß sehr übertrifft; sie nehmen im entgegengesetzten Falle ab und versiegen gar, wenn das Wasser anderswo tieferen Abfluß gewinnt. Man ersieht zugleich, warum die Brunnen so verschiedene Tiefe haben; denn im Punkte g würde man es z. B. schon bei halber Tiefe treffen.

§. 22. Fällt dagegen das Wasser im senkrechten Rohre bc herab, so steigt es im schiefen Rohre bis zu derselben senkrechten

Digitized by Google

Höhe e hinauf, die Entfernung von c nach e mag seyn, welche man will. Hierauf beruht die Einrichtung der steigenden Röhrwasser, um Städte von erhöhtem Boden überall mit Flußwasser zu versehen. Gesetzt b sey der Spiegel des Flusses, a b aber der abhängige Boden der Stadt, c b ein Thurm oder Gerüste am Flusse. Bringt man das Flußwasser unter das Dach des Thurmes, so fällt es durch senkrechte Röhren im Thurme herab und wird dadurch in steigenden Röhren b a bis zu gleicher Höhe getrieben, wenn man die verschiedenen Ausflüsse sperrbar einrichtet.

§. 23. Wenn viele mit einander verbundene Röhren abwechselnd fallen und steigen, wie in Fig. 13, doch daß die beiden äußersten die höchsten Punkte erreichen, so wird das Wasser alle Röhren durchlaufen und sich an beiden Enden nach der wagerechten Linie a b in Gleichgewicht setzen. Dieses dient zur Erläuterung der Suterazi's oder türkischen Wasserleitungen, welche vor andern den Vorzug der wolfeileren Anlage haben, indem sie über Thal und Hügel in allen Unebenheiten des Bodens fortlaufen. Wenn der Quell von a nach b durch drei Thäler geleitet werden soll, setzt man die Leitung aus Bleiröhren zusammen und vereinigt sie an allen Winkelpunkten durch eiserne Kapseln, die nach Belieben geöffnet oder geschlossen werden können. Beim Anlassen des Wassers von a öffnet man die Kapseln d und F, um der Luft Ausgang zu verschaffen, und schließt sie, wenn Wasser ausströmt. Wenn die Leitung im Gange ist, kann aus jeder Kapsel Wasser gezapft werden.

§. 24. Wenn zwei senkrechte Röhren von ungleicher Länge unten durch ein Seitenrohr verbunden sind, wie a b und c d Fig. 14, und man füllt das längere mit Wasser, so wird es im kurzen steigen und auslaufen, weil es sich nicht in Gleichgewicht setzen kann. Verschließt man das kurze Rohr in c durch Auflegung eines Gewichtes, so wird die Wassersäule im langen mit derselben Kraft, womit sie auf die Bodenfläche drückt, auf das Gewicht von unten wirken und bei genugsamer Höhe ein größeres

Digitized by Google

Gewicht abwerfen als ihr eignes. Es ist eine rechtwinklicht umgewendete Wasserpresse. Man nennt diese Vorrichtung den Blasbalg des Flüssigen oder auch den verkehrten Heber. Man bedient sich desselben um die Blutadern anatomischer Präparate mit Queckſilber auszuſpritzen; auch wird er angewendet um Flüssiges von unten hinauf zu filtriren. Ein Beispiel des Letzteren ist Parrots Filtrum zur Reinigung des trüben Wassers für Soldaten im Felde. Das Querrohr b d wird mit Sand gefüllt und dieser in d c mit grobem Kies beschwert. Die Mündung c ist mit einem Deckel verschlossen, hat aber ein Seitenrohr zum Ausgusse. In a wird ein Sack eingehängt, welcher die gröbsten Verunreinigungen auffängt, worauf das Wasser sich durch Sand und Kies drängt und wenigstens zum Kochen brauchbar abfließt.

§. 25. Wenn die Mündung des kurzen Armes in eine kegelförmig verengte Spitze ausgeht, wie bei Fig. 15, so wird das im langen Arm einströmende Wasser durch die Verengung aufgehalten und die hohe Wassersäule gewinnt Zeit ihren vollen Druck als Wasserpresse auszuüben, vermöge dessen das Wasser aus der Spitze emporgespritzt wird und etwa bis zur halben Höhe des langen Rohres springt, bis die Schwerkraft seiner Theile und der Luftwiderstand den Stoß entkräften. Man wendet solche Vorrichtungen oft zur Verschönerung der Lustgärten an und nennt sie natürliche Springwasser, im Gegensatz der durch Maschinendruck bewirkten. Das Springwasser zu Wilhelmshöhe bei Cassel fällt vom nahen Habichtswalde in geneigten Röhren 250 Fuß tief herab und springt dann 140 Fuß hoch. Die Fontaine zu Herrenhausen springt 120 Fuß, die zu Nymphenburg 80 Fuß hoch. Kleinere können in jedem Garten angelegt werden, wenn ein Gebäude vorhanden ist, unter dessen Dache das Wasser in einem hinreichend großen Bassin gesammlet werden kann. Den langen Arm verbirgt dann das Gebäude.

§. 26. Die aus der Kegelspitze springenden Wassertheile werden ringsum von der inneren Kegelfläche zurückgestoßen, dadurch im

Digitized by Google

Steigen gegen einander getrieben und zurückprallend in einem Trichter von Strahlen zertheilt, die in paraboliſchen Bogen zurückfallen. Dieſe Reibung der Waſſertheile vermindert die Sprunghöhe um ſo mehr, je kürzer der Kegel iſt. Der entſtehende Strahlentrichter vermag leichte Körper ſchwebend zu erhalten, wenn die Strahlen rundum gleiche Kraft haben, worauf das artige Kugelſpiel beruht. Man nimmt dazu hole Kugeln von dünnem Blech, die bei einer Sprunghöhe von ſechs Fuß etwa zwei Loth wiegen. Die Springſpitze a Fig. 16 umgiebt man mit einem Trichter von Blechſtreifen bac, ſo daß die Kugel, wenn ſie ja auf b oder c herabfällt, nach a zurückfallen muß, wo ſie der Strahl wieder emporhebt.

VII. Gegendruck des Feſten und des Flüſſigen.

§. 1. Wenn man eine Schale der Wage aushängt, ſtatt derſelben einen feſten Körper an einem Faden aufhängt, ihn durch Gegengewichte zum Gleichgewichte bringt, hernach aber ein mit Waſſer gefülltes Trinkglas ihm unterſchiebt, ſo daß er eingetaucht wird, ſo wird das Gleichgewicht der Wage dadurch aufgehoben und man muß Gegengewichte abnehmen um es wieder herzuſtellen. Der feſte Körper verliert alſo im Waſſer einen Theil ſeines Gewichtes. Dieſer Theil wird vom Waſſer getragen. Einen ähnlichen Gewichtsverluſt beobachten wir an uns ſelbſt beim Baden, ſobald das Waſſer bis zum Kinn reicht. Das Waſſer hebt uns und macht das Stehen unſicher. Aus derſelben Urſach vermag man große Steine im Waſſer emporzuheben, die man in der Luft zu erhalten nicht im Stande iſt.

§. 2. Der Gewichtsverluſt untergetauchter Feſtkörper iſt bei gleicher Größe immer derſelbe und nimmt mit der Größe ab oder zu. Jeder feſte Körper verliert im Waſſer ſoviel von ſeinem Gewichte, als eine Waſſermaſſe von derſelben Größe wiegt. Kürzer ſagt man: er verliert das Waſſergewicht ſeiner

Digitized by Google

Größe. Ist sein Gewicht in der Luft 5 Pfund, das Gewicht einer eben so großen Wassermasse aber 1, 2, 3 oder 4 Pfund, so wird er in diesen Fällen 1, 2, 3 oder 4 Pf. verlieren und nur mit dem Ueberschusse, als 4, 3, 2 oder 1 Pf. unter sich drücken. Diesen Ueberschuß nennt man das respektive Gewicht. Dichtere Körper verlieren verhältnißmäßig weniger Gewicht.

§. 3. Ist das absolute Gewicht des eingetauchten festen Körpers eben so groß als das einer Wassermasse von demselben Umfange, so ist der Gegendruck des Festen und Flüssigen gleich und man sagt, daß sie im Gleichgewichte stehen. Der feste Körper wiegt dann im Wasser gar nichts mehr und wird vom Wasser ebenso getragen, wie ein Wassertheil den andern trägt. Er kann darin jede Stelle einnehmen und es ist gleichviel ob er sich oben oder unten befinde. Er schwebt im Wasser. So wiegt z. B. eine mit Wasser und etwas Luft gefüllte Schweinblase nichts im Wasser und schwebt darin; ebenso der volle Eimer im Brunnen, bevor man ihn aus dem Wasser zieht. Ein Ey schwebt in gesättigtem Salzwasser, eine Bernsteinkugel in Meisterlauge, ein Stück Pech in Doppelbier, wegen des gleichen Gegendruckes.

§. 4. Ist das absolute Gewicht eines festen Körpers größer als das einer Wassermasse von gleichem Umfange, so bleibt beim Gegendrucke dem Festen ein Ueberschuß, mit welchem es die flüssigen Theile zur Seite drückt und unterfinkt. Von der Größe des Ueberschusses hängt es ab, ob ein Körper sinke, nicht von seinem absoluten Gewichte; denn bei Vermehrung des letzteren würde auch der Umfang des Körpers, in gleichem Verhältniß aber der Gegendruck des Flüssigen zunehmen.

§. 5. Ein im Wasser herabsinkender Körper ist einem in der Luft frei herabfallenden zu vergleichen; aber der Gegendruck und der Zusammenhang des Wassers leisten weit stärkeren Widerstand als die Luft, wodurch die Geschwindigkeit des Falles sehr vermindert wird. Einem Körper, der in der Luft 15 Fuß in der ersten Sekunde herabfällt, kann man im Meerwasser etwa $\frac{2}{3}$

Digitized by Google

derselben Geschwindigkeit beimessen, so daß er in derselben Zeit nur 10 Fuß herabsinkt. Uebrigens wird die Geschwindigkeit des Sinkens durch die stetig fortwirkende Schwerkraft ebenso beschleuniget wie beim Fallen in der Luft, wonach die Fallräume der folgenden Sekunden 30, 50, 70, 90, 110 Fuß betragen, die Fallhöhe im Ganzen aber mit dem Quadrat der Sekundenzahl zunimmt.

§. 6. Je größer beim Gegendrucke des Festen und des Flüssigen der Ueberschuß des ersteren ist, desto kräftiger überwindet es den Widerstand des Flüssigen und desto größer wird die Geschwindigkeit des Sinkens. Daher sinken dichtere Körper schneller im Wasser. Das ist leicht zu beobachten, wenn man lose Körper von verschiedener Dichtigkeit mit Wasser vermengt, z. B. feine Schrotkörner, gepulverten Schwerspath, gelben Sand, gepulverten Indig und Gries. Hat man sie durcheinander geschüttelt, so werden sie doch durch die Geschwindigkeit des Falles wieder gesondert und lagern sich in Schichten übereinander. Dieselbe Sonderung bewirkt man beim Auswaschen des Goldsandes und des Erzschlichs in Pochwäschen.

§. 7. Feste Körper von gleicher Dichtigkeit sinken mit verschiedener Geschwindigkeit, jenachdem ihre Gestalt dem Flüssigen mehr oder weniger Oberfläche darbietet. Je feiner ein Körper zertheilt wird, desto größer ist dann seine Oberfläche und desto mehr Zeit braucht er zum Sinken. Mischt man ein Pulver von ungleicher Feinheit mit Wasser, so fallen die gröbsten Theile zuerst zu Boden, die feineren nach Maßgabe ihrer Feinheit später. Die Kunst benutzt diesen Umstand, um durch Schlämmen das Feine vom Groben stufenweise und gleichförmiger abzusondern als durch Sieben möglich wäre, auf welche Weise z. B. die verschiedenen Sorten der Smalte entstehen. Im Kleinen wird das Wasser nach Absetzung des Gröbern aus einem Schlämmtrog in den andern abgegossen, im Großen aus einem Schlämmfaß ins andere durch Hähne abgelassen.

Digitized by Google

§. 8. Wenn das absolute Gewicht eines festen Körpers geringer ist als das einer Wassermasse von gleichem Umfange, so behält beim Gegendrucke beider das Flüssige einen Ueberschuß; die flüssigen Theile sinken demnach unter, drücken den festen Körper nach oben und bringen ihn zum Schwimmen. Nur solche Körper schwimmen im Wasser, deren Dichtigkeit geringer ist als die des Wassers, z. B. Wachs, Kork, Holz u. dgl. und diese werden dann in Beziehung auf das Wasser schwimmendleicht genannt. Aus gleicher Ursach schwimmen Eisen, Stahl, Kupfer, Messing, Glas, Porcellan u. s. w. auf Queckſilber, dagegen Gold und Platin darin sinken.

§. 9. Wenn ein schwimmender Körper untergetaucht werden soll, muß man seinem Gewichte soviel Druck zufügen, daß beide zusammen hinreichen den Gegendruck des Flüssigen zu überwinden. Es bedarf daher eines starken Druckes, um Kork im Wasser, oder gar im Queckſilber unterzutauchen. Darum ermüdet das Umwenden der Maische und das Rühren der Kessel mit hölzernen Geräthen. Ebendeshalb kostet es mehr Anstrengung einen Kahn auf tiefem Wasser mit unbeschlagenen Stangen fortzuschieben, als wenn sie mit Eisen beschwert sind.

§. 10. Wenn ein schwimmender Körper untergetaucht ist und los gelassen wird, so wirkt in demselben Augenblicke das Uebergewicht des Flüssigen und bringt ihm zum Steigen. Er steigt um so schneller, je leichter er ist; denn um so größer ist das Uebergewicht des Flüssigen. So wird z. B. Kork schneller als Holz vom Wasser emporgehoben. Außerdem wird von zwei schwimmenden Körpern gleicher Dichtigkeit derjenige am leichtesten emporgehoben, dessen blättrige oder fasrige Gestaltung den Druck des Flüssigen besser auffängt. Die Kunst benutzt diesen Umstand zur Absonderung schwimmender Körper von schwebenden, z. B. beim Auswaschen des Sago, der Kartoffelstärke und anderer Satzmehle zur Sonderung der holzigen Fasertheile.

Digitized by Google

§. 11. Wenn ein leichter Körper aus der Luft herab ins Wasser fällt, sinkt er anfänglich, vermöge der durch den Fall erlangten Stoßkraft, aber mit Verzögerung, weil der Gegendruck des Flüssigen den Stoß nach und nach entkräftet. Bald darauf treibt ihn die Schwerkraft des Flüssigen zurück und er steigt mit Beschleunigung, durch welche er neue Stoßkraft erlangt und aus dem Wasser springt. Beide Abänderungen der Geschwindigkeit sind also die entgegengesetzten von denen beim Fallen und Steigen in der Luft.

§. 12. Bei sehr großen Wassertiefen wird die Bewegung sowol sinkender als steigender Körper gleichförmiger, als sie nach §. 5 und 11 in mäßigen Fallhöhen ist, weil der Druck des Flüssigen nach IV, 14 mit dem Quadrat der Tiefe zunimmt, mithin die Beschleunigung des Sinkens schwerer Körper und die des Steigens leichter Körper in gleichem Maße aufgehoben wird. Daraus erklärt sich der Gebrauch des Schoßlothes, dessen man sich auf der See bedient, um unmeßbare Tiefen, wo der Bleiwurf nicht Grund findet, ohngefähr zu schätzen. Es ist eine durchbohrte eiserne Kugel, durch welche man das Ende eines Stabes steckt. Im Wasser herabgesunken, stößt die Kugel den Stab am Boden ab, worauf er wieder emporsteigt. Nach der Sekundenzahl seines Ausbleibens schätzt man die Tiefe ohne Rechnung, welches bei fortwährender Beschleunigung nicht Statt finden würde.

§. 13. Aendert sich die Dichtigkeit des Flüssigen, so wird dadurch der schwimmende Körper zum Sinken gebracht, und umgekehrt der sinkende zum Steigen. Dieses zu zeigen, dient die sogenannte Schwimmkugel, eine Holkugel von Messing, in welche ein Draht eingeschraubt ist, der sich nach Belieben aus- und einschrauben läßt, damit man den Umfang des Ganzen ohne Abänderung des absoluten Gewichtes vermehren oder vermindern könne. Stellt man die Schraube so, daß die Kugel in kaltem Wasser eben schwimmt, und man macht das Wasser durch eine

Digitized by Google

untergesetzte Lampe heiß, so senkt sich die Kugel zu Boden, so wie das Wasser an Umfang zunimmt. Beim Erkalten des Wassers steigt die Kugel wieder. Ebenso wird ein Ey im Wasser zum Steigen gebracht, wenn man Salz genug hineinwirft, durch dessen Auflösung das Wasser sich verdichtet. Vgl. I, 34. Aus gleicher Ursach steigt das Malz in der Werte, steigen bei Bereitung des Rosinenweins die Rosinen im Wasser, so wie es zu Most wird. Das Aufsteigen dient so als technisches Merkmal der Verdichtung des Flüssigen.

§. 14. Ein schwimmender Körper ruht zum Theil unter, zum Theil über dem wagerechten Stande des Flüssigen. Je leichter er ist, desto höher steht er heraus; er senkt sich aber um so tiefer ein, je näher der Gegendruck des Festen und des Flüssigen dem Gleichgewichte kommt. In jedem Falle richtet sich das Einsenken nach dem Verhältnisse des Gegendruckes. Der auf Wasser schwimmende Körper senkt sich so tief ein, daß der eingetauchte Theil desselben den Raum einer Wassermasse einnimmt, die so viel absolutes Gewicht hat als der ganze schwimmende Körper. Ein Pfund Holz senkt sich um den Raum eines Pfundes Wasser ein, und der Rest ragt über den Wasserstand empor. Eine ausgeblasene Eyschale und eine mit Luft gefüllte Blase liegen sehr flach auf dem Wasser. Eine Kugel von Magnetstein senkt sich um die Hälfte im Queckſilber ein.

§. 15. Wenn das absolute Gewicht eines schwimmenden Körpers ohne Veränderung seiner Größe vermehrt wird, so nimmt in gleichem Maße das Einsenken zu. Darauf beruht die Berechnung der Schiffsfracht, um zu bewirken, daß das beladene Schiff sich gehörig einsenke, nicht zu flach und nicht zu tief gehe. Ein Schiff von gewisser Größe nimmt dabei ein gewisses Gewicht in sich auf, welches die rechte Ladung ist. Man findet sie durch Aichen des Schiffraumes, wobei man auf 42 Kubikfuß eine Tonne (2000 Pf.) als volle Ladung rechnet. Daher sagt man, das Schiff sey von so und soviel Tonnen. Minder belastet geht das

Digitized by Google

Schiff zu flach, mithin unsicher, weil der herausragende Theil Wind und Wellen zu große Fläche bietet. Man giebt ihm dann die gehörige Tiefe in Ermangelung voller Ladung durch Ballast.

§. 16. Wird das absolute Gewicht eines schwimmenden Körpers ohne Veränderung seiner Größe vermindert, so nimmt in gleichem Maße das Einsenken ab. Wenn daher ein Schiff wegen Ueberladung zu tief geht, wird ein Theil der Ladung ausgeschifft. Ist es leck und durch eindringendes Wasser schwerer geworden, daß es zu versinken droht, so hilft man sich durch Ueberbordwerfen. Ebendasselbe geschieht wenn das Schiff auf einer Sandbank sitzen geblieben ist, um es wieder flott zu machen.

§. 17. Wenn ein schwimmender Körper bei einem gewissen absoluten Gewichte ein bestimmtes Einsenken behält, so läßt sich eine geringe Ab- oder Zunahme des Gewichts am Einsenken beobachten. Darauf beruht die Einrichtung der Schwimmwage von Tralles, die kleine Massen sehr genau wägt und als Probirwage gebraucht werden kann. Auf dem Gestell ikl Fig. 17 steht ein mit Wasser gefülltes Glas h. Im Wasser schwebt die hole Glaskugel a und trägt den dreimal gebogenen Draht gbcde mit der Wagschale f. Man legt soviel Gewichte auf, daß sich die Kugel bis zum Knöpfchen g einsenkt. Will man einen andern Körper wägen, so legt man ihn auf die Wagschale und nimmt dafür Gewichte ab, bis die Kugel wieder in g inne steht. Die abgenommenen Gegengewichte zeigen das absolute Gewicht des Körpers an.

§. 18. Verändert sich der Gegendruck des Flüssigen, so nimmt in demselben Maße das Einsenken ab oder zu. An sich leistet das dichtere Flüssige mehr Gegendruck, weshalb beladene Schiffe sich tiefer einsenken, wenn sie aus dem gesalzenen Meerwasser in süßes Flußwasser übergehen. Bei fließendem Wasser wird der Gegendruck durch den Strom verstärkt, weshalb man in Flüssen leichter schwimmt als in Landseen. Schiffe auf der See heben sich daher, wenn sie in Strömungen gerathen.

Digitized by Google

§. 19. Ein schwimmender Festkörper richtet sich gleich dem hängenden nach seinem Schwerpunkte und ruht nicht eher, bis auf entgegengesetzten Seiten gleiche Massen einander im Gleichgewicht halten. Nur die Kugel schwimmt daher bei gleichförmiger Dichtigkeit in beliebiger Lage, weil ihr Schwerpunkt im Centrum liegt. Körper von anderen Gestalten nehmen von selbst solche Lagen an, in welchen das Gleichgewicht ihrer Theile hergestellt und am sichersten erhalten wird. Darum schwimmen walzenförmige Körper von gleichförmiger Dichtigkeit wagerecht liegend, nicht senkrecht, indem der Schwerpunkt des liegenden Körpers nach V, 25 nicht so leicht verrückt wird.

§. 20. Körper von ungleichförmiger Dichtheit richten sich im Schwimmen so, daß der dichtere Theil, in welchem der Schwerpunkt liegt, herabsinkt, der lockere Theil aber oben herausteht. Kähne und Fähren neigen sich daher auf die Seite, welche mehr belastet wird, und schlagen bei großem Uebergewichte wol um. Bei der Schiffahrt ist es wichtig durch überlegtes Stauen schiefe Ladung zu vermeiden. Man sorgt dafür, daß der Schwerpunkt des im Wasser gehenden Schiffbauches senkrecht unter dem Schwerpunkte des ganzen Gebäudes liege, in welchem Falle das Schiff gerade geht und bei Schwankungen am leichtesten das Gleichgewicht wieder findet. Die Sicherheit des Ganges gewinnt auch, wenn der Schwerpunkt möglichst tief herabgebracht wird, weshalb man den Ballast auf den Schiffboden bringt.

§. 21. Längliche Körper von sehr ungleichförmiger Dichtheit, deren Schwerpunkt nah an einem Ende liegt, schwimmen in senkrechter Lage, oder aufrecht, indem das dichtere Ende immerfort unten bleibt. Man nennt solche Körper Schwimmer. Dergleichen sind Holzstäbe mit Eisenbeschlag am Ende, Stäbchen von Kork oder Holundermark mit angekittetem Blei, ein Federkiel mit etwas Sand beschwert, Holkugeln von Glas oder Blech, an denen kleinere hängen, die mit Schrot oder Quecksilber beschwert sind. Man benutzt diese Schwimmer zur Bereitung der weiter

Digitized by Google

unten vorkommenden Senkwagen, wie auch bei Loudons Regenmesser. Eine Anwendung im Großen sind die sogenannten Segen der Seefischerei und die ähnlichen Netze zur Eisfischerei. Sie sind in Gestalt langer Rechtecke geflochten. Von den langen Seiten wird die eine durch eine Reihe angehängter Korkstücke erleichtert, die andere durch Bleikugeln oder Steine beschwert. Vermöge dieser Einrichtung schweben sie als senkrechte Wände im Wasser, bis man sie durch die an den Zipfeln befestigten Seile zusammenzieht.

§. 22. Schwimmende Körper werden zum Sinken gebracht, wenn man sie mit schweren Körpern zu einem Ganzen verbindet, so daß ihr gemeinschaftliches Gewicht größer wird als das einer Wassermasse von gleichem Umfange. Eine solche Mitversenkung ist in vielen Fällen von technischem Nutzen, z. B. beim Rösten des Flachses, bei Ausziehung des Indigs aus dem Anil, beim Einbökeln des Fleisches, bei Aufbewahrung des Sauerkrauts u. s. w. Die Messung schwimmender Körper durch Wasser in ausgeaichten Cylindern wird durch Mitversenkung möglich.

§. 23. Sinkende Körper werden zum Schwimmen gebracht, wenn man sie mit schwimmenden Körpern zu einem Ganzen verbindet, so daß ihr gemeinschaftliches Gewicht geringer bleibt als das einer Wassermasse von gleichem Umfange. Sie schwimmen dann durch Uebertragung ihres Gewichtes. So schwimmen Holkugeln von Glas oder Metall vermöge der Leichtigkeit der eingeschlossenen Luft. Aus gleicher Ursach schwimmen kupferne Pontons und tragen, mit einander vereint, noch schwere Lasten. Befrachtete Schiffe, die ohnedies noch mit Eisen, Kupfer, Zink oder Leder beschlagen sind, schwimmen eigentlich nur durch Uebertragung, versinken daher auch, wenn viel Wasser in den Bauch eindringt. Die Leichname der Ertrunkenen tauchen wieder auf, wenn die Bauchhöle durch Gährung mit Luft angefüllt und ausgedehnt wird. Auf ähnliche Weise werden die Fische durch Schwimmblasen erleichtert.

Digitized by Google

§. 24. Das Schwimmen des Menschen beruht auf der Zusammenwirkung mehrer Ursachen. An sich hat der Körper eines Mannes gewöhnlich 15 Pfund Ueberschuß über den Gegendruck des Wassers, vermöge dessen er untersinkt. Zwar giebt es Menschen, die von Natur schwimmen, weil sie fett und von leichtem Knochenbau sind. Ein Beispiel dieser Art war Paolo Moccia, ein Priester in Neapel, welcher im Meere nur bis an die Brust einsank. Er wog 300 Pfund und 30 Pf. weniger als eine Wassermasse von gleichem Umfange. Daß fette Personen mit dem Wasser im Gleichgewicht stehen, ist kein seltener Fall; aber es kommt ihnen wenig zu gut, daß sie schweben, um so weniger, da der Kopf dann der dichteste Theil des Körpers ist und durch den Schwerpunkt herabgezogen wird.

§. 25. Dasjenige Schwimmen, welches man durch Anleitung und Uebung erlernt, die Schwimmkunst, besteht darin, daß man den Zusammenhang des Flüssigen zu Hülfe nimmt, um seinen Gegendruck zu verstärken. Die erste Regel ist, daß man sich möglichst ausgestreckt erhalte, um dem Wasser größere Oberfläche entgegenzustellen, wodurch das Sinken in jedem Fall verzögert wird. Vgl. §. 7. Rückgrath und Oberschenkel müssen in gerader Linie bleiben. Mit den Füßen (vom Knie an) schlägt man das Wasser im Viertelkreise und schnell genug, daß die Wassertheile in derselben Zeit nicht ausweichen, sondern Stütze genug gewähren, um zu gleicher Zeit die Arme von der Brust aus vor sich zu strecken. Beide Arme drücken dann das Wasser mit verwandter Hand im Halbkreise und bewirken Stützung genug, daß unter dessen die Füße nach dem Rücken zu angezogen werden können. Dieser abwechselnde Bogenschlag der Arme und Füße giebt dem Körper Geschwindigkeit genug, um über dem Wasser hinzugleiten, bevor sein Uebergewicht ihn zum Sinken bringt.

§. 26. Beim Schwimmen auf dem Rücken drückt man das Wasser mit dem Arme und der flachen Hand nach unten im Halbkreise und zieht zugleich die Füße an, schlägt sodann das

Digitized by Google

Wasser mit den Füßen im Viertelkreise und bringt zugleich die Arme durch den andern Halbkreis wieder in die vorige Lage. Diese Art zu schwimmen ermüdet weniger, weil beinah der ganze Körper eingetaucht bleibt, ohne das Athemholen zu hindern; weil die Anstrengung wegfällt, welche das Hinterbeugen des Kopfs verursacht; weil endlich die Füße beim Schlagen der unteren Wasserschicht mehr Widerstand finden.

§. 27. In vielen Fällen schwimmt der Mensch durch berechnete Uebertragung, hauptsächlich vermittelst der Luft. Schiffbruchleidende retten sich an treibenden Masten, wenn sie den Schwerpunkt finden. An beiden Enden zugebundne Schilfbündel tragen schon durch einen Fluß, wenn man sie unter den Arm nimmt. Kinder trägt ein Kahn von Schilf, wie Moses gerettet ward. Cominius, der Bote des Camillus, schwamm mit einem Stück Kork durch die Tiber, wozu etwa 6 Pfund Kork erforderlich waren. Die Soldaten Alexanders schwammen mit ledernen Schläuchen, die man mit Stroh ausstopfte, durch Asiens Flüsse; die Hunnen mit Rindblasen 401 durch die Donau. Zu gleichem Gebrauche hat man Schwimmkragen, Schwimmküraſſe, Schwimmkleider, Schwimmgürtel u. s. w., die aber nicht zur Hand sind, wenn man ihrer eben bedarf. Die beste Uebertragung ist die natürliche, durch Erweiterung der Brust. Wenn man die Brust voll Luft schöpft und den Athem anhält, so hat der Körper kein Uebergewicht im Wasser. Im Gegentheil bleiben, wenn man sich ruhig auf den Rücken legt, Mund, Nase und Augen über dem Wasserspiegel. In derselben Lage pflegt der Schwimmer auszuruhen. Einfaches Niederdrücken der Arme giebt Zeit genug, um aus- und einzuathmen.

§. 28. Die bis dahin aufgeführten Naturgesetze vom Gegendrucke des Festen und des Flüssigen finden keine Anwendung auf halbflüssige Massen, weil diese in der Regel dem Festen so stark anhaften, daß sie dem einmal eingetauchten Körper die Beweglichkeit rauben, so daß man im Schlamme weder schwimmen

Digitized by Google

noch schiffen kann. Das Bedürfniß hat jedoch auch hier ein Mittel gelehrt zum Zwecke zu gelangen. Es ist der Sumpfwagen, mit welchem die russischen Bauern über Moräste setzen. Anstatt der Räder tragen ihn vier zugespündete leere Tonnen, zwei und zwei an einer Achse. Die Achsen werden von den Aufsitzenden durch Getriebe mit Kurbeln umgedreht, und so rollt das Gestell, halb Schiff, halb Wagen, über den Moor hin.

VIII. Eigenschwere.

§. 1. Körper von gleichartiger Zusammensetzung erhalten vermöge der ähnlichen Zusammenziehung der Theile gleiche Dichtigkeit und mithin gleiches Gewicht bei gleicher Größe, so daß man sie nur zu messen braucht, um ihr Gewicht zu erfahren. Das Verhältniß des Gewichts zur Raumgröße kann demnach als ein Merkmal dienen um die Art des Körpers zu erkennen, weil es der Art eigen ist. Man nennt deshalb jenes Verhältniß des Gewichts zur Raumgröße die Eigenschwere, oder das specifische Gewicht, im Gegensatze des absoluten.

§. 2. Die Eigenschwere ist sonach ein Verhältnißbegriff und erhält ihre Bedeutung dadurch, daß man mehre Körper mit einander vergleicht. Minder bestimmt ist sie schon daran zu erkennen, ob ein Körper auf einem andern schwimmt oder untersinkt, wie z. B. oberwähnte Elementarwelt die Folge der Eigenschweren von vier Flüssigen ungefähr andeutet. Um aber das Mehr oder Weniger genau zu bestimmen, muß man die Eigenschwere aller festen und flüssigen Körper mit der eines einzigen Körpers vergleichen, und diese muß als Maß in gleiche Theile getheilt seyn. Die Eigenschwere des reinen Wassers, eines Körpers von mittlerer Dichtigkeit, welche bei mitterer Wärme sich gleich bleibt, ist zum Maßstabe der Eigenschwere aller Körper gewählt worden. Man nennt sie Eins und theilt sie in hundert oder tausend gleiche Theile. Die Eigenschwere der minder dichten Körper wird demnach

Digitized by Google

in Decimalbrüchen ausgedrückt, z. B. Viertelwasserschwere durch 0,25 oder 0,250. Die Eigenschwere der dichteren Körper wird dagegen in ganzen Zahlen oder vermischten Decimalbrüchen angegeben, z. B. 6¾fache Wasserschwere durch 6,750.

§. 3. Die Eigenschwere ungemischter Flüssigen kann mit der des Wassers ganz einfach nach Homberg durch Messen und Wägen verglichen werden. Füllt man dasselbe Gefäß zuerst mit reinem Wasser, dann aber mit dem zu prüfenden Flüssigen, wägt jede nach Abzug der Tara und dividirt mit dem absoluten Gewicht des Wassers in das andere, so giebt der Quotient die gesuchte Eigenschwere. Wog das Wasser z. B. 750 Gran, das andre Flüssige aber 1560 Gran, so ist des letzteren Eigenschwere 2,08. Im umgekehrten Falle würde sie 0,480 seyn. Beide Rechnungen stehen, wie folgt:

a) 750 : 1560 | 2,08.

1500

60,0

60,00

6000

0

b) 1560 : 750 | 0,480.

750,0

6240

1260,0

12480

120,0

§. 4. Bei diesem Messen und Wägen kann man sich durch eine einfache Vorrichtung die eine Messung und die ganze Rechnung ersparen, wenn man ein Glas auf das Gewicht von 1000 Gran reines Wassers aicht und den Wasserstand mit einem unverlöschbaren Zeichen außen am Glase bemerkt. Will man die Eigenschwere eines andern Flüssigen erforschen, so tarirt man das geaichte Glas auf der Wage, füllt es mit dem zu prüfenden Flüssigen bis zu dem Zeichen, bringt die Wage zum Gleichgewicht und zählt die aufgelegten Gewichte. Betragen sie mehr als 1000 Gran, z. B. 1860, so wird diese Zahl als vermischter Decimalbruch tausendtheilig angesetzt, und die Eigenschwere ist dann 1,860, wie beim Vitriolöl. Beträgt das absolute Gewicht des Flüssigen weniger als 1000 Gran, z. B. 910, so wird diese

Digitized by Google

Zahl als reiner Decimalbruch tausendtheilig angesetzt, und die Eigenschwere ist dann 0,910, wie bei Baumöl.

§. 5. Feste Körper, die leicht schmelzbar sind, z. B. Wachs, Wallrath, Talg u. s. w., kann man ebenso messen und wägen; nur muß man sie vor dem Wägen erstarren lassen und die dabei entstandene Hölung durch Nachgießen ausfüllen. Auch dieser Nachguß verdichtet sich beim Festwerden, ebnet sich aber, wenn er im Flusse ein wenig erhaben steht. Es versteht sich, daß zu diesem Behuf ein metallenes Gefäß dem Glase vorzuziehen ist, vorab ein kegelförmiges, um das Erstarrte auszustürzen.

§. 6. Auf einem ähnlichen Messen und Wägen beruht die Gußprobe der Zinngießer. Das Zinn hat eine weit geringere Eigenschwere als Blei, nimmt folglich umso mehr am Gewichte zu, je stärker es mit Blei versetzt wird, und die Eigenschwere des Gemisches verräth den Gehalt an Blei. Der Zinngießer gießt von dem zu prüfenden Zinne Kugeln in einer gut auspolirten Kugelzange. Er hat schon andere, aus Zinn und Blei in verschiedenem Verhältniß gemischte Kugeln von derselben Zange vorräthig, auf denen der Gehalt an Zinn bemerkt ist. Welche von diesen Probekugeln nun mit der neugegossenen auf der Wage im Gleichgewicht steht, die zeigt die Löthigkeit des Zinnes an.

§. 7. Wenn feste Körper sich schneiden oder gut mit dem Meissel bearbeiten und abschleifen lassen, so kann ihre Eigenschwere dadurch gefunden werden, daß man Würfel aus ihnen schneidet und deren absolutes Gewicht mit dem eines gleich großen Wasserwürfels vergleicht. Die Baumeister bedienen sich dieser Weise mit Nutzen zur Schätzung der Eigenschwere der Sandsteine und anderer Baufossilien. Man läßt von dem Steine einen preußischen Kubikfuß schneiden und wägt ihn. Findet man ihn z. B. 165 Pfund schwer, so dividirt man diese Zahl mit 66 Pfund, als dem absoluten Gewichte eines preussischen Kubikfußes Wasser, und erhält so die Eigenschwere = 2,500.

Digitized by Google

§. 8. Lose Körper, wie Sand, Getreide oder Hülsenfrüchte, lassen sich freilich in Gemäßen messen und auf der Wage wägen; aber die Eigenschwere wird durch beides nur sehr unvollkommen und unsicher bestimmt, weil die losen Theile sich nach dem Umständen verschieden dicht anhäufen. Um eine Annäherung zur Bestimmtheit zu erlangen, müßte man sie so lange rütteln, bis sie sich nicht weiter zusammensetzten, und dann käme es doch auf den Grad der Austrocknung an, welches absolute Gewicht man erhalten werde. Demnach läßt sich wol nur in seltnen Fällen von einer solchen Schätzung der Eigenschwere loser Körper einiger Nutzen erwarten.

§. 9. Zweckmäßiger werden lose und zerstückte Festkörper unter Wasser gemessen, um ihre Eigenschwere an sich, d. h. ohne die zufälligen Holräume, zu bestimmen. Man bedient sich dazu eines geaichten Glascylinders, dessen Inhalt von unten an auf jede 1000 Gran Wasser angemerkt ist. Man füllt 1000 Gran Wasser ein und wirft dann von dem festen Körper so viel zu, bis das Wasser um noch andere 1000 Gran gestiegen ist. Dann wird das Wasser abgegossen, der feste Körper getrocknet und abgewogen. Aus dem absoluten Gewichte findet man die Eigenschwere nach §. 4. Schwimmende Körper werden mit einem Stück Blei von bekanntem Umfange (= 1000 Gran Wasser) versenkt.

§. 10. Sehr bequem und genau zugleich erforscht man die Eigenschwere flüssiger Körper vermittelst eines auf reines Wasser gestellten Schwimmers (VII, 21). Die dazu dienlichen Vorrichtungen nennt man Dichtmesser, Aräometer, auch hydrostatische Wagen. Vor andern ist das Aräometer von Atkins zu empfehlen. Die Schwimmkugel a Fig. 18 ist durch einen Draht mit der Unterschale b, durch einen zweiten mit der Oberschale c verbunden. Das ganze Werkzeug wiegt nur 700 Gran. Bei mittlerer Wärme sinkt es, wenn man 300 Gran Gewichte auf c legt, in reinem Wasser bis zu dem Knöpfchen d ein und treibt 1000 Gran Wasser aus der Stelle. Die Abwägung anderer Flüssigen geschieht

Digitized by Google

also. Senkt man das Instrument z. B. in Aether, so muß man 34 Gran auf c legen, damit der Schwimmer bis d einsinke. Diese zum Gewicht des Schwimmers gezählt, geben 34 + 700 = 734 Gran absolutes Gewicht für den Umfang von 1000 Gran Wasser. Die Eigenschwere des Aethers ist demnach 0,734. Senkt man das Instrument in Alkohol, so sinkt es mit 125 Gran Zulage bis d ein, wonach die Eigenschwere des Alkohols 0,825 ist. In Most von mittlerer Güte sinkt es mit 355 Gran Zulage bis d ein; also ist die Eigenschwere des Mostes = 1,055.

§. 11. Die Eigenschwere fester Körper wird durch ebendasselbe Werkzeug bei folgender Abänderung des Verfahrens gefunden. Man senkt das Aräometer in reines Wasser von mittlerer Wärme. Der abzuwägende Festkörper darf nicht voll 300 Gran wiegen. Man legt ihn zuerst auf die Oberschale c, und soviel Gewicht zu, bis die Wage in d innesteht. Sind nun z. B. 180 Gran zugelegt worden, so zieht man 700 + 180 von 1000 Gran ab und findet so das absolute Gewicht des Festkörpers = 120 Gran. Darauf legt man ihn in die Unterschale b und zugleich in der Oberschale soviel Gewicht zu, daß die Wage bis d einsinkt. Waren z. B. 196 Gran dazu nöthig, so geben diese, abgezogen von 300 Gran, den Rest 104, als das verminderte Gewicht des Festkörpers im Wasser. Diese 104 zieht man von obigen 120 Gran und findet die Differenz = 16. Wenn man mit dieser Zahl endlich in das absolute Gewicht 120 Gran dividirt, so giebt der Quotient die Eigenschwere = 7,5.

§. 12. Auf ähnliche Weise hat man die Eigenschwere der allermeisten festen und flüssigen Körper untersucht. Wiederholte Abwägungen haben gleiches Ergebniß gehabt, so daß viele Bestimmungen als zuverlässig sich bewährten, von welchen hier die technisch wichtigen aufgeführt werden. Zunächst die Eigenschweren der gebräuchlichsten Metalle und Metallgemische in Tausendtheilen:

Platin 20,722. Gold 19,258. Quecksilber 13,586. Blei 11,352. Silber 10,784. Nickel 9,250. Wismuth 9,070.

Digitized by Google

Kupfer 8,895. Messing 8,895. Arsenik 8,000. Eisen 7,800. Stahl 7,767. Gußeisen 7,520. Zinn 7,264. Zink 6,862. Spießglanzmetall 6,702.

Die neuere Chemie hat metallähnliche Körper (Metalloïde) entdeckt, die leichter als Wasser sind z. B. Sodium 0,972. Kalium 0,865.

§. 13. Die Eigenschweren einiger technisch wichtigen Fossilien folgen hierunter in Hunderttheilen ausgedrückt:

Schwefelkies 4,85. Braunstein 4,75. Spießglanz 4,44. Schwerspath 4,33. Diamant 3,52. Magnetstein 3,30. Basalt 2,86. Granit 2,85. Porphyr 2,78. Marmor 2,75. Quarz 2,65. Feuerstein 2,58. Serpentin 2,57. Dachschiefer 2,56. Sandstein 2,55. Alabaster 2,35. Kreide 2,25. Steinsalz 2,14. Töpferthon 2,00. Schwefel 1,80. Steinkole 1,55. Braunkole 1,25. Bernstein 1,06. Bimsstein 0,92. Steinöl 0,85. Meerschaum 0,33.

Bei den genannten Gebirgsarten ist die Eigenschwere gar vielen Abwechselungen unterworfen und obige Angaben sind nur als Durchschnittbestimmungen zu betrachten.

§. 14. Eigenschweren einiger technisch wichtigen Pflanzenkörper, hunderttheilig ausgedrückt:

Gummi 1,45. Buchsbaumholz 1,30. Zucker 1,29. Ebenholz 1,20. Eisenholz 1,12. Pech 1,07. Kopal 1,04. Kampher 0,99. Wachs 0,96. Leinöl 0,94. Federharz 0,93. Mohnöl 0,92. Baumöl 0,91. Rüböl 0,85. Eichenholz 0,92. Buchenholz 0,85. Indigo 0,76. Ahornholz 0,75. Lindenholz 0,60. Tannenholz 0,55. Pappelholz 0,40. Buchenholzkole 0,30. Kork 0,13. Hollundermark 0,05.

Die Eigenschwere der Holzarten ist nur im Durchschnitt zu nehmen und wird abweichend befunden, jenachdem man das Holz frisch oder ausgetrocknet, von jungen oder alten Bäumen, von Stamm oder Zweigen nimmt.

Digitized by Google

§. 15. Eigenschweren einiger technischen Thierkörper, hunderttheilig ausgedrückt:

Perlen, Perlmutter 2,75. Rothe Korallen 2,68. Wallroßzahn 1,93. Elfenbein 1,82. Schwarzes Horn, Schildpatt, Fischbein 1,80. Knochen 1,60. Mageres Rindfleisch 1,20. Blut 1,12. Hünereyer 1,09. Rindertalg 0,96. Hammeltalg 0,95. Wallrath 0,94. Butter 0,93. Schweinschmalz 0,92. Fischthran 0,90.

Unter diesen Angaben sind einige noch nicht ganz bewährt, andere aber manchen Abänderungen unterworfen, indem z. B. Horn, Knochen, Fleisch und Blut nach der Art, dem Geschlechte, dem Alter, der Gesundheit und dem Futter des Thieres in der Eigenschwere abweichen.

§. 16. Eigenschweren einiger technischen Produkte, hunderttheilig ausgedrückt:

Zinnober 7,75. Bleiglätte 6,00. Flintglas 3,30. Krystallglas 2,65. Grünes Glas 2,45. Procellan 2,35. Phosphor 1,89. Nordhäuser Vitriolöl 1,87. Rauchende Salpetersäure 1,58. Rauchende Salzsäure 1,20. Meisterlauge 1,15. Essigsäure 1,03. Malagawein 1,01. Rheinwein 0,99. Champagner 0,95. Lavendelöl 0,93. Alkohol 0,82. Terpentinöl 0,79. Schwefeläther 0,73.

§. 17. Flüssige Körper werden gewöhnlich verdichtet, wenn sie andere Substanzen auflösen, und erhalten dadurch eine größere Eigenschwere. Verdichtung und Eigenschwere nehmen auch in dem Maße zu, als noch mehr aufgelöst wird, so daß meistens der Grad der Sättigung nach der Eigenschwere beurtheilt werden kann. Dieser Schluß von der Verdichtung auf die Stärke des Gehalts findet unter zwei Bedingungen Statt. Die erste ist, daß nur Eine Art von Substanz in dem Flüssigen aufgelöst sey, weil außerdem ungewiß bleibt, welche von mehren zusammen aufgelösten größeren Antheil an der Verdichtung habe. Die zweite

Digitized by Google

ist, daß der aufgelöste Körper eine merklich größere Eigenschwere habe als das Auflösungmittel. So wird z. B. die Stärke des Essigs durch die Eigenschwere nicht bestimmt, weil das oben angegebene specifische Gewicht der Essigsäure mit dem des Wassers beinah übereinkommt.

§. 18. Unter jenen beiden Voraussetzungen läßt sich die Sättigung oder Stärke einer Auflösung durch ein Aräometer mit Sicherheit bestimmen, wenn das Aräometer auf diese Art von Auflösung gestellt, d. h. besonders für sie eingerichtet wird. Will man z. B. ein Saccharometer oder einen Dichtmesser für Zuckerwasser haben, so bereitet man so viele Auflösungen von verschiedener Stärke, als man Grade anmerken soll, als: 99 Theile Wasser mit 1 Th. Zucker, 98 W. mit 2 Z., 97 W. mit 3 Z., 96 W. mit 4 Z., 95 W. mit 5 Z. u. s. w., bis 75 W. mit 25 Z., oder bis 60 W. mit 40 Z., jenachdem das Werkzeug für kalte oder warme Auflösungen gebraucht werden soll. Man senkt das Aräometer in alle diese Auflösungen nach der Reihe und bemerkt in jeder den Punkt des Einsenkens mit 1, 2, 3 u. s. w. Wird dasselbe nachher in irgend eine Zuckerauflösung von unbekannter Stärke eingesenkt, so zeigt die Zahl des Einsenkpunktes den Gehalt an. Für Salz, Salpeter, Alaun, Vitriol u. s. w. müssen andere Dichtmesser gestellt werden.

§. 19. Die Getränke und andere flüssige Waaren sind nicht einfache, sondern mehrfach zusammengesetzte Auflösungen. Darum giebt ihre Eigenschwere nur die Menge des Aufgelösten überhaupt zu erkennen, wenn man das specifische Gewicht des Auflösungmittels schon kennt. In den meisten Fällen ist man bei technischen Arbeiten oder im Waarenhandel damit schon zufrieden. Oft verlangt man noch weniger und will nur ein Mehr oder Weniger der Eigenschwere beobachten, um gleichnamige Flüssige zu vergleichen. Zu diesem Zwecke bedient man sich vorgerichteter Schwimmer, die Senkwagen oder Spindeln genannt werden. Wiewol sie wenig Aufschluß über die Beschaffenheit des Wesens

Digitized by Google

geben, sind sie doch in technischer Hinsicht wichtig genug. Man kann sie in eingradige und mehrgradige eintheilen.

§. 20. Eingradige Spindeln gebraucht man da, wo es nur darauf ankommt, daß eine Auflösung einen gewissen Grad von Dichtheit erhalte, um zu technischen Zwecken brauchbar zu werden. Sie sind ganz einfach zusammengesetzt, wie Fig. 19 zeigt, aus der Schwimmkugel a, dem Gewicht b, welches den Schwerpunkt herabbringt und Aufrechtstehen bewirkt, und aus dem Draht ad, an welchem sich in c ein Knöpfchen befindet. Man beschwert b mit soviel Schrot oder Sand, daß sich die Spindel in einer Auflösung von der verlangten Dichtigkeit bis c einsenkt. Man verfertiget dergleichen von Weißblech oder Messing für Seifensieder, Leimsieder u. s. w.

§. 21. Will man mehre Flüssige vergleichen und beurtheilen, um wieviel ihre Dichtheit verschieden sey, so gebraucht man dazu mehrgradige Senkwagen von dreierlei Eintheilung. Solche Flüssige, die dichter als Wasser sind und deren Dichtheit mit der Stärke zunimmt, werden mit unterwärts getheilten Senkwagen abgewogen, dergleichen Fig. 20 eine vorstellt. Die auf der Schwimmkugel ansitzende Röhre ist mit der Skale oder Gradeintheilung versehen. In reinem Wasser sinkt die Röhre beinah ganz ein, und dieser Punkt wird mit 0 bezeichnet. Darauf senkt man die Wage in eine Auflösung von der größten Dichtheit ein und bemerkt auch hier den Punkt des Einsenkens. Den Zwischenraum theilt man in 10, 25, 50 oder 100 gleiche Theile oder Grade. Von ähnlicher Einrichtung sind die Soolwage, die Laugenwage, die Mostwage, die Bierwage, die Lohwage, die Bouillonwage, auch eine Art der Milchwage.

§. 22. Flüssige, die weniger dicht als Wasser sind und deren Dichtheit in dem Maße abnimmt, als ihre Stärke zunimmt, werden mit oberwärts getheilten Senkwagen abgewogen, deren eine Fig. 21 vorstellt. Ihre Gestalt ist die der vorigen; aber die Grade wachsen nach oben zu im Nennwerthe, weil die

Digitized by Google

Wage im reineren Flüssigen tiefer einsinkt. Von dieser Einrichtung sind: die gemeine Branntweinwage, die Oelwage (Elaeometer) und die Aromenwage. Hierher gehört auch die Milchwage von Cadet de Vaux, welche darum oberwärts getheilt ist, weil sie den Grad anzeigen soll, in welchem die Milch mit Wasser verfälscht worden. Der unterste Grad ist mit 0 bezeichnet und deutet auf unverfälschte Milch; die andern Grade aber zeigen $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ oder $\frac{3}{4}$ Wasserzusatz an, wiewol mit wenig Zuverlässigkeit.

§. 23. Von den oberwärts getheilten Senkwagen ist nur die Branntweinwage neuerlich zu einer gewissen Stufe der Vollkommenheit gebracht worden, so daß sie den Gehalt des Branntweins an Alkohol mit Bestimmtheit angiebt, wovon diese verbesserte Senkwage Alkoholimeter genannt wird. Die Einzeichnung der Grade geschieht nicht durch Eintheilung eines Zwischenraumes, wie bei den übrigen Senkwagen, sondern gründet sich auf das versuchte Einsinken in sorgfältig zusammengesetzten Mischungen von Alohol und Wasser, etwa wie bei der §. 18 beschriebenen Bereitung der Aräometer für Salzlösungen. Man hat aber zwei verschiedene Arten Alkoholimeter, das von Richter, und das von Tralles. Beide haben zwar 100 Grade vom Einsenkpunkte in reinem Wasser bis zu dem in reinem Alkohol; aber die mittleren Grade stimmen doch nicht überein, weil bei Verfertigung des Richterschen Alkohol und Wasser nach dem Gewichte gemischt werden, bei der von Tralles aber nach dem Gemäße. Die I, 34 erwähnte Verminderung des Umfanges ist im mittleren Mischungverhältniß am stärksten, und das hat zur Folge, daß das Alkoholimeter von Tralles bei gleich tiefem Einsinken einiger Grade mehr anzeigt als das Richtersche. Da beide gleich stark im Gebrauche sind, so ist viel daran gelegen ihre Gradeintheilungen vergleichen zu können, wenn sie nicht auf einer und derselben Skale gegenüberstehend angemerkt sind. Nach Marechaux stimmen beider Grade von 5 zu 5 in folgender Reihe zusammen:

Digitized by Google

Richter:	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.
Tralles:	6¼.	14.	30.	32.	36¾.	42.	48.	63 9/16.	59 9/16
R.	50.	55.	60.	65.	70.	75.	80.	85.	90.	95.	100.
T.	63¾.	68¼.	72½.	76¾.	80¾.	84¼.	88¾.	92¾.	95¾.	97½.	100.

§. 24. Insofern man oft nur die Absicht hat die Eigenschweren von allerlei Flüssigen, als: Säuren, Brühen, Weinen, Bieren, Arzneitränken u. s. w., unter einander und mit der des reinen Wassers ohngefähr zu vergleichen, kann man der mancherlei Arten von Senkwagen wol entrathen und sich der allgemeinen Senkwage von Baumé bedienen, welche Fig. 22 vorstellt. Ihre Skale vereiniget in sich die der oberwärts und die der unterwärts getheilten Senkwagen. In reinem Wasser senkt sie sich bis 0 ein. Schwereres Flüssige zeigen die Grade unter 0, leichteres die Grade über 0 an. Eine solche Senkwage ist desto empfindlicher, je enger die obere Röhre gegen das untere Luftbehältniß ist.

IX. Luftdruck.

§. 1. Die Luft wird nicht minder als feste und flüssige Körper vom Erdball angezogen. Würde sie nicht als schwerer Körper von ihm festgehalten, so würde er ihr bald entschlüpfen, da er in jeder Stunde sich 15000 Meilen weit fortbewegt; aber sie wird vielmehr durch die Schwerkraft in gleicher Geschwindigkeit mit fortgerissen. Zwar kann man Luft in Luft nicht wägen, um ihre Schwere geradezu zu beweisen; doch läßt sich letztere vorläufig durch Marsenne's Versuch darthun. Wenn man nämlich eine schließbare metallene Holkugel auf glühende Kolen legt, um die Luft möglichst herauszutreiben, sie dann schließt und auf der Wage in Gleichgewicht bringt, dann aber öffnet, wird sie durch die beim Erkalten wieder eindringende Luft ein merkliches Uebergewicht erhalten.

§. 2. Wenn die Luft schwer ist, muß sie auch, gleich andern schweren Körpern, einen Druck nach unten ausüben. Diesen Luftdruck empfinden wir zwar nicht, wegen der nie unterbrochenen

Digitized by Google

Gewohnheit ihn zu tragen; aber ein sehr einfacher Versuch macht ihn anschaulich. Wenn man eine mit Wasser gefüllte Flasche mit dem Daumen zuhält, sie umkehrt, den Hals unter Wasser taucht und dann öffnet, so wird das Wasser nicht auslaufen, um sich mit dem äußeren Wasserspiegel in Gleichgewicht zu setzen, sondern durch eine seiner Schwere entgegenwirkende Kraft emporgehalten werden, und diese Gegenkraft ist der Druck der Luft auf die äußere Wasserfläche.

§. 3. Oeffnet man die mit Wasser gefüllte und umgekehrte Flasche in der Luft, so wird, wenn der Hals weit genug ist, die Luft vermöge desselben Druckes gewaltsam in die Flasche eindringen, das Wasser aber dem Zuge seiner Schwere folgen und auslaufen. Bei etwas engerem Halse wird das Auslaufen durch den Stoß der Luft oft unterbrochen, bei sehr enger Oeffnung aber ganz verhindert, weshalb Gefäße der letzteren Art auch in der Luft nicht auslaufen, wie wir am Stechheber sehen, der keinen Tropfen Wein verliert, so lange er oben fest zugehalten wird. Aus demselben Grunde läuft an vollen Fässern der geöffnete Zapfen nicht eher, bis man den Spund abnimmt oder anbohrt.

§. 4. Vermöge des Druckes der oberen Luft auf die untere dringt diese überall ein, wo ein leerer Raum geöffnet wird. So füllt eine Spritze sich mit Luft, wenn der Kolben ausgezogen wird; ebenso der Blasbalg, wenn man ihn ausdehnt, wobei der Druck der Luft die Klappe öffnet. Wenn die metallene Holkugel, aus welcher (§. 1) die Luft durch Hitze getrieben war, nach dem Erkalten geöffnet wird, so dringt die Luft mit Zischen ein. Wenn man ein Arzneiglas mit heißem Wasserdampfe füllt und dicht verstopft, so zerdrückt die Luft dasselbe beim Erkalten, wenn sie nicht eindringen kann, mit einem Schlage.

§. 5. Gefäße, die sich unter Wasser öffnen, werden, wenn man die Luft aus ihnen wegnimmt oder neuen Raum darin erzeugt, vermöge des Druckes der Luft mit Wasser gefüllt. Darauf beruht das Saugen durch Röhren, das Ausheben der Weinproben mit

Digitized by Google

dem Stechheber, die Füllung der Spritzen und die Füllung der durch Hitze luftleer gemachten Thermometerkugeln mit Queckſilber.

§. 6. Der Luftdruck, welcher auf die Oberfläche des menſchlichen Körpers einwirkt, treibt auf ähnliche Weiſe die Säfte der inneren Gefäße in vorgelegte leere Räume. Darauf beruht das Trinken des Säuglings, das Ausſaugen der Bißwunden, das Saugen der Mücken, der Vampyrfledermaus, das Schröpfen und das Anſaugen der Blutigel. Eine Nachahmung des letzteren iſt Whitfords Blutſauger, eine metallene Spritze, an welche ſtatt der Spitze eine Glocke von Glas luftdicht angeſchraubt iſt. Man drückt die Glocke auf die ſkarificirte Stelle und zieht den Stempel der Spritze langſam aus. Dadurch wird die Luft aus dem Glaſe weggenommen und das Blut folgt nach.

§. 7. Der Luftdruck hat großen Antheil an der auffallenden Wirkung des ſogenannten Hebers, der aus zwei ungleich langen Röhren im Winkel oder Bogen zuſammengeſetzt iſt, wie a b c Fig. 23. Stellt man den Schenkel a b in ein Gefäß mit Waſſer und ſaugt bei c die Luft aus, ſo wird das Winkelrohr ſich nach §. 5 mit Waſſer füllen. Setzt man mit dem Munde ab, ſo läuft das Waſſer aus dem Gefäße durch c aus, ſo lange a noch unter Waſſer ſteht. Der Druck der Luft wirkt hier mit gleicher Stärke auf die Mündungen a und c und verhindert, daß das Waſſer ſich in b nicht trenne, weil außerdem ein leerer Raum entſtehen würde. Die Waſſertheile hängen alſo in beiden Schenkeln und wirken durch ihre Schwerkraft wie Gegengewichte auf einer Wage; das Uebergewicht des Waſſers im längeren Schenkel bringt aber dieſes zum Sinken und zieht das des kürzeren nach ſich. Da daſſelbe Verhältniß beider Waſſergewichte ſich immerfort wiederherſtellt, ſo wird dadurch der Erfolg des Ablaufens daurend.

§. 8. Der Heber wirkt um ſo ſicherer, wenn die Röhre enge iſt; denn deſto leichter verhindert der Stoß des Waſſers, daß ſich in c nicht Luft eindränge und nach b aufſteige, welches die ganze Wirkung aufheben würde. Uebrigens gilt der Vorzug der

Digitized by Google

Enge aus dem angegebenen Grunde eigentlich nur von dem langen Schenkel bc. Dagegen wird die Wirkung des Hebers befördert und verstärkt, wenn der kurze Schenkel sich nach a zu erweitert, weil dann ein größerer Luftdruck auf die weitere Mündung a wirkt und das Flüssige fortschieben hilft. Giebt man der Mündung a die doppelte Weite der Mündung c, so gewinnt das ausströmende Flüssige eine merkliche Stoßkraft und verhindert das Eindrängen der Luft, wenn auch c zollweit offen stände.

§. 9. Wenn beide Schenkel des Hebers gleich lang wären, würde er dennoch laufen, unter der Bedingung, daß er tief eingetaucht oder schief geneigt würde, bis c tiefer als a sich befände, weil der Schenkel bc in diesen Fällen mehr senkrechte Höhe erhielte als ba, indem der Druck der Wassersäulen nach VI, 21 von der senkrechten Höhe abhängig ist. Da indessen der Gebrauch eines solchen Hebers unbequem seyn würde, so giebt man den gebräuchlichen Weinhebern und Bierhebern von Blech lieber ungleiche Arme, so daß ab $1\frac{1}{2}$ Fuß, bc aber 3 — 4 Fuß beträgt, wenn beide, wie gewöhnlich, unter einem rechten Winkel zusammengelöthet werden.

§. 10. Die Wirkung des Hebers wird nicht gestört, wenn der lange Schenkel nahe bei c noch eine zweite Mündung hat, die nach oben gerichtet ist und in eine Haarröhre ausläuft, wie d Fig. 24. Man giebt daher diesen Zusatz den zum Gebrauche bei chemischen Arbeiten bestimmten Dekantationröhren von Glas, die sich übrigens von einem Glasheber nicht unterscheiden. Sie gewähren den technischen Vortheil, daß man sie bequemer ansaugen kann, während die Mündung c mit dem Finger zugehalten wird.

§. 11. Wenn das Ende des langen Armes in c Fig. 25 nach oben umgebogen wird und in eine verengerte Spitze ausläuft, so springt das Wasser, sobald der Heber angesogen wird, vermöge der im Fallen erlangten Stoßkraft in die Höhe und bildet einen Heberspringbrunnen. Er springt um so stärker,

Digitized by Google

wenn der kurze Schenkel nach §. 8 erweitert ist. Zuweilen giebt man ihm in c mehre Spitzen von verschiedener Richtung, so daß die paraboliſchen Strahlen ein Rad bilden und bei Sonnenſchein in bunten Farben ſpielen, wovon die Vorrichtung den Namen Pfauenſchwanz erhalten hat. Um ihn anzulaſſen, taucht man zuerſt c in einem Eimer voll Waſſer, ſaugt aus a die Luft, ſchließt dann a mit dem Finger, hebt c aus dem Waſſer und ſtellt den Arm a b hinein.

§. 12. Ein Rohr von 40 Fuß Länge, das an beiden Enden luftdicht ſchließbar wäre, würde ein Werkzeug abgeben, die Stärke des Luftdruckes, welche vorſtehende Sätze §. 2 — 6 unbeſtimmt nachweiſen, genau zu meſſen. Stellt man ein ſolches Rohr a b Fig. 26 in ein Gefäß mit Waſſer, ſchließt b, öffnet a und füllt das ganze Rohr mit Waſſer, ſchließt dann a und öffnet b, ſo wird ein Theil des Waſſers in das Gefäß auslaufen und bei a einen luftleeren Raum hinterlaſſen. Das Waſſer wird aber in einem Punkte c ſtehen bleiben, deſſen Höhe 32 Fuß über dem Waſſerſtande d beträgt. Dieſe Höhe iſt dieſelbe in weiten und in engen Röhren; denn ſo wie mit der Weite das Waſſergewicht zunimmt, wächſt auch die Wirkung des Luftdruckes. Iſt die Grundfläche der Waſſerſäule = 1 Quadratfuß, ſo hängt im Rohre ein Waſſergewicht von 32 Kubikfuß = 32 × 66 Pfund, welches mit dem Luftdruck im Gleichgewicht ſteht. Daraus folgt, daß die Luft auf die Fläche eines Quadratfußes mit 2112 Pfund Kraft drücke.

§. 13. Wird ein Rohr von 40 Fuß Länge mit dem offenen unteren Ende ins Waſſer geſtellt und die Luft aus dem Rohre durch mechaniſche Mittel weggenommen, ſo ſteigt das Waſſer vermöge des äußeren Luftdruckes auf die Waſſerfläche im Rohre 32 Fuß hoch; aber nicht weiter, weil dann das Gewicht der Waſſerſäule mit dem Drucke der Luft gleiche Stärke hat. Auf dieſem Erfahrungſatze beruht die Einrichtung der Waſſerpumpen, durch welche veranlaßt wird, daß der Druck der Luft Waſſer aus der Tiefe in Röhren emportreibt. Die Erfindung

Digitized by Google

dieser unentbehrlichen Werkzeuge ist freilich weit älter als die Theorie des Luftdruckes und wird dem Ktesibius von Alexandrien zugeschrieben. Ihrem Wesen nach zerfallen die Wasserpumpen in Saugwerke und Druckwerke.

§. 14. Die allermeisten Wasserpumpen zu ökonomischem und technischem Gebrauche sind Saugwerke oder Saugpumpen, deren Mechanismus dem Saugen des Wassers durch Röhren zu vergleichen ist. Die Zusammensetzung derselben zeigt Fig. 27. Der Stiefel ab steht auf dem Saugrohr bc, welches bis unter das Wasser niedergeht. In b sind beide durch eine Oeffnung verbunden, welche von oben durch die Klappe e geschlossen wird und das Bodenventil heißt. Im Stiefel kann der Kolben d durch die Kolbenstange f auf- und niederbewegt werden, schließt aber rundum luft- und wasserdicht an. Er hat ein zweites Ventil in sich, das Kolbenventil. Wenn der Kolben niedergeht, so drückt die zwischen beiden Ventilen befindliche Luft das Bodenventil zu, das Kolbenventil aber auf, und entweicht. Wird der Kolben aufgezogen, so drückt die Luft über ihm das Kolbenventil zu, den entstehenden Raum unter dem Kolben füllt die im Saugrohr befindliche Luft. Durch fortgesetztes Kolbenspiel wird so die Luft im Saugrohr nach und nach ausgesogen, und das Wasser folgt nach, bis es über den Kolben kommt und von ihm zum Ausguß g gehoben wird.

§. 15. Da das Wasser in und außer dem Saugrohr vermöge des eigenen Gleichgewichtes gleich hoch steht, so dürfte nach §. 12 die Hubhöhe der Saugpumpe, d. h. die Höhe vom Wasserstande c bis zum höchsten Kolbenstande d 32 Fuß betragen; indessen wird diese Hubhöhe verschiedener Umstände wegen in der ausübenden Erfahrung selten oder nie vollständig erreicht. Theils sind die hölzernen Röhren, die Liederung des Kolbens und die Schließung der Klappen nicht so dicht zu erhalten, daß nicht hie und da Luft eindringen sollte, welche das Geräusch des Pumpenganges vermehrt, aber die Wirkung vermindert. Theils gilt

Digitized by Google

jene Hubhöhe nur von reinem Wasser; aber ein durch aufgelöste Substanzen verdichtetes Wasser steht der vermehrten Eigenschwere wegen als kürzere Säule mit dem Luftdruck im Gleichgewicht. Deshalb steigt schon hartes Brunnenwasser weniger, Bier nur 28 — 29 Fuß, Salzwasser nur 27 Fuß hoch, wonach die Saugpumpen der Brauereien und der Salinen abgekürzt werden müssen. Theils endlich ist, wie die Folge zeigen wird, der Luftdruck nicht in allen Höhen gleich und deshalb die Hubhöhe auf Gebirgen geringer.

§. 16. Dagegen lassen andere Ursachen in gewissen Fällen eine beträchtliche Vergrößerung der Hubhöhe zu. Wenn das Wasser über das Kolbenventil getreten ist, so wird seine weitere Hebung bis zum Ausguß nicht durch den Druck der Luft, sondern durch die mechanische Kraft bewirkt, welche das Kolbenspiel treibt. Geschieht das Auspumpen durch Menschenhände vermittelst eines Schwengels, so kann die Höhe vom höchsten Kolbenstande bis zum Ausgusse nur wenige Fuß betragen. Wird aber das Kolbenspiel durch Schwungkraft verstärkt, durch Pferde, Wind oder Wasser bewirkt, so hat man die Freiheit jene Höhe nach Maßgabe der disponiblen Kraft zu vergrößern und den Stiefel zu verlängern. Man gebraucht solche Saugpumpen mit hohem Satze vornehmlich beim Bergbau, und sie bringen da reichlich ein, was durch den minderen Druck der Gebirgluft und durch Mängel der Liederung verloren geht, indem die mechanischen Vortheile die Hubhöhe im Ganzen wol auf 50 — 60 Fuß steigern.

§. 17. Von der Saugpumpe unterscheidet sich die Druckpumpe, das Druckwerk, wesentlich darin, daß sie vom Drucke der Luft nur nebenbei Anwendung macht. Ihr Stiefel a b Fig. 28 ist kurz und steht nicht in der Höhe, sondern unmittelbar auf dem Wasserstande. Sie bedarf also des Saugrohrs kaum und hat nur ein sehr kurzes, oder gar keines. Der Kolben d ist ohne Ventil; aber an dessen Statt führt neben dem Bodenventil c

Digitized by Google

ein Seitenventil e zum Steigrohr fg. Wird der Kolben aufgezogen, so schließt der Druck der Luft das Seitenventil, öffnet aber das Bodenventil und treibt das Wasser in den Stiefel. Wird dagegen der Kolben niedergedrückt, so schließt er c, öffnet e und treibt das Wasser in das Steigrohr, in welchem es bei wiederholtem Kolbenspiel immer höher hinaufsteigt, so weit die mechanische Kraft es zu heben vermag. Man benutzt die Druckpumpe, um hochgelegene Orte vom Thale aus mit Wasser zu versehen, wie z. B. das Städtchen Landau; außerdem zum Auftreiben des Wassers in obere Stockwerke der Fabrikgebäude.

§. 18. Eine ungemein wichtige Anwendung fand die Druckpumpe neuerlich in der Erfindung von Bramah's hydraulischer Presse, deren wesentlichste Einrichtung Fig. 29 vorstellt. Der Stiefel einer kleinen Druckpumpe ab ist durch das Seitenrohr bf mit einem Steigrohr von sehr vergrößertem Durchmesser gh verbunden. Im Steigrohr kann der luftdicht schließende Kolben i bewegt werden, mit welchem sich die Preßplatte k bewegt. Wenn der kleine Druckkolben c aufgezogen wird, so schließt sich das Steigventil e, und der Stiefel schöpft Wasser durch d. Wird dann der Druckkolben c niedergedrückt, so schließt er d und treibt das Wasser durch e und f unter den Kolben i des Steigrohrs, hebt diesen und drückt mit ihm die bewegliche Preßplatte k gegen die unbewegliche l, um zwischen beiden Platten eingelegte Körper zusammenzupressen. Der Druckkolben c wird durch Hebel gar leicht mit der Hand bewegt. Zwar treibt er mit jedem Stoße nur wenig Wasser zum Steigrohr; aber der Druck der Wassersäule im Steigrohr wird dadurch fortwährend gesteigert. Außerdem wirkt diese Wassersäule nach VI, 16 um so stärker auf den Preßkolben, je größer dessen Grundfläche gegen die des Druckkolbens c ist. Die Gewalt der Presse steigt bis zum Ungeheuren. Durch sie hat man möglich gemacht, Heu so dicht zusammenzupressen, daß es zur See transportirt werden kann. Man wendet sie bereits in Manufakturen an, um Tücher, Papier, Leder,

Digitized by Google

Oelsamen u. s. w. zu pressen. Ein Fabrikant in Yorkshire wollte noch einen Stock auf sein Haus setzen, ohne das 60,000 Pf. schwere Dach abzunehmen. Durch vier Bramah'sche Pressen ward es von 8 zu 8 Zoll gehoben und unterbaut, bis der Stock 10 Fuß hoch eingeschoben war, wobei man $\frac{2}{10}$ der Baukosten ersparte.

§. 19. Wenn der Druck der Luft nach §. 12 mit einer Wassersäule von 32 Fuß Höhe im Gleichgewicht steht, so läßt sich erwarten, daß Queckſilber, weil es beinah 14 mal dichter als Wasser ist, dasselbe Gleichgewicht in einer 14 mal kürzeren Säule herstellen werde. In der That fand Toricelli 1643, als er den §. 12 beschriebnen Versuch mit Queckſilber anstellte, statt des 40 Fuß langen Wasserrohres Fig. 26 eine Glasröhre von 30 Zoll nahm und sie in ein Gefäß mit Queckſilber stellte, daß das Queckſilber bis zur Höhe von $27\frac{1}{7}$ Zoll ($= 32' : 14$) herabsank und einen vollkommen luftleeren Raum ac hinterließ, den man von ihm die Toricelliſche Leere genannt hat. Hiermit ergab sich ein bequemes Mittel die Stärke des Luftdruckes genau zu bestimmen. Wiederholte Versuche zu Florenz und Rom bewährten es, zeigten aber zugleich, daß der Stand des Queckſilbers nicht ganz unveränderlich sey, folglich der Luftdruck ab- und zunehme. Man richtete daher den Versuch so ein, daß er stehen bleiben und jene Veränderung sicherer beobachtet werden konnte.

§. 20. Vereintes Nachdenken der Physiker bildete aus jener Vorrichtung nachher ein Werkzeug zur fortgesetzten Beobachtung der Ab- und Zunahme des Luftdruckes, einen Luftdruckmesser, das Barometer, welches dem Techniker eben so unentbehrlich geworden ist als dem Naturforscher. Die Glasröhre dazu ist oben zugeschmolzen und unten umgebogen, wie Fig. 30 und 31 zeigen. Wenn sie durch Umwenden mit Queckſilber gefüllt worden ist, muß daß Queckſilber von a an über Kolenfeuer ausgekocht werden, um die dem Glase und dem Queckſilber anhaftende Luft auszutreiben, welche sich außerdem bei a sammlen und das Steigen

Digitized by Google

des Queckſilbers verhindern würde. Unter den vorkommenden Arten von Barometern ſind folgende beiden die wichtigſten.

§. 21. Das Heberbarometer Fig. 30 hat eine überall gleich weite, in Form eines Hebers umgebogene Röhre, die bei a zugeſchmolzen und bei d offen iſt. Man bedient ſich deſſelben zu den genaueſten Beobachtungen. Die Höhe der vom Luftdruck getragenen Queckſilberſäule iſt von dem oberen Stande b bis zur Höhe des unteren Standes e, oder bis f zu rechnen; die gekrümmte Röhre fce ſtellt aber das Gefäß (Fig. 26) dar. Wenn das Queckſilber in b um eine Linie ſteigt, ſo muß es zuleich in e um eine Linie fallen, der Punkt f wird alſo ebenfalls eine Linie tiefer zu ſetzen, mithin die getragene Queckſilberſäule um 2 Linien höher zu rechnen ſeyn. Man muß demnach das Fallen in e ebenſowol als das Steigen in b beobachten, zu welchem Behufe an beiden Punkten Skalen angebracht werden, die in der Figur fehlen.

§. 22. Zum ökonomiſchen und techniſchen Gebrauche bedient man ſich nur des gewöhnlichen Birnbarometers, welches Fig 31 darſtellt, weil man bei deſſen Beobachtung der Rechnung überhoben ſeyn kann. Der untere Stand des Queckſilbers iſt in der Birn d, und deren Erweiterung macht, daß er ſich nicht merklich ändert, wenn das Queckſilber in dem engen Rohre bei b ſteigt oder fällt. Daher hat das Birnbarometer nur Eine Skale, welche bei b angebracht und vom 27ſten bis zum 29ſten Zolle der Höhe über d in Linien eingetheilt wird. Die Birn bedeckt man mit Staubhütchen von Glas, wie Fig. 32, welche bei a und b offen ſind und die Luft einlaſſen, den Staub aber auffangen.

§. 23. Der Deutſche Guerike beobachtete bei Wiederholung des Toricelliſchen Verſuchs, daß das Steigen und Fallen des Queckſilbers im Barometer mit den Veränderungen der Witterung in Zuſammenhang ſtehe und dieſelben oft im voraus andeute. Er gebrauchte es 1646 als Wetterverkündiger, und dieſer Verſuch techniſcher Anwendung ſchien einem allgemein gefühlten Bedürfniß abzuhelfen. Seitdem kam das Barometer unter der Benennung

Digitized by Google

Wetterglas allgemein in Gebrauch. Man schrieb und schreibt noch neben der Skale die Wetterveränderungen an, welche der Stand des Queckſilbers ankündigen ſoll, um den Gebrauch des Werkzeuges für Jedermann bequem zu machen. Damit iſt man freilich viel zu weit gegangen; aber dennoch iſt das Barometer in jener Hinſicht von unbeſtreitbarem Nutzen, wenn man es richtiger gebraucht und auf folgende dabei zuſammenwirkenden Umſtände verſtändige Rückſicht nimmt.

§. 24. Wenn die Luft trockener wird und ihr Vermögen Dünſte zu tragen zunimmt, ſo wird ihr Druck ſtufenweiſe vermehrt und das Queckſilber ſteigt in gleichem Maße langſam höher. Daher deutet ein fortgeſetztes langſames Steigen allerdings im Allgemeinen auf beſtändige Witterung. Auf die ſchon erreichte Höhe kommt dabei weniger an als auf die noch fortdauernde Neigung zum Weiterſteigen, welche ſich dadurch kund giebt, daß das Queckſilber in der Röhre mit erhabener Oberfläche ſteht.

§. 25. Wenn die Luft mit Dünſten überladen wird und das Vermögen ſie zu tragen abnimmt, ſo vermindert ſich ihr Druck und das Queckſilber fällt nach und nach herab. Daher deutet ein fortgeſetztes Fallen allerdings auf bevorſtehende Entladung der Luft von Dünſten, oder Regenwetter, welches bei langſamerem Fallen, wenn der Stand ſehr hoch iſt, muthmaßlich ſpäter erfolgt. In ſofern deutet freilich eine mittlere Höhe des fallenden Queckſilbers auf veränderliche Witterung. Die fortdauernde Neigung zum Fallen, auf welche das Meiſte ankommt, beobachtet man an der holen Oberfläche des Queckſilberſtandes.

§. 26. Bei ſtarken Winden gleiten obere Luftſchichten über den unteren hin, ohne ihren vollen Druck auszuüben, wie etwa der Schlittſchuhläufer über dünnes Eis fährt, welches unter ihm einbrechen würde, wenn er ſtände. In dieſem Falle wird der Luftdruck ſchnell vermindert und das Queckſilber fällt plötzlich zu ſehr niedrigem Stande. Ein ſolches Fallen deutet daher

Digitized by Google

gewöhnlich auf Sturm und anziehende Gewitter. Doch ist die Wirkung nach den Richtungen des Windes verschieden; denn herabfahrende Winde bringen das Queckſilber wol zu ſchnellem Steigen. Im Frühjahr und Herbſt, bei Umſetzung der Jahreszeiten macht die ſtürmiſche Luft das Barometer ſo unſtet, daß es Trockenheit und Näſſe nicht mehr anzeigt.

§. 27. Minder heftige Luftſtrömungen haben keinen ſo plötzlichen, aber einen anhaltenderen Einfluß auf das Barometer. Die kalten und trockenen Oſt- und Nordoſtwinde erhöhen den Stand des Queckſilbers, wogegen die warmen und feuchten Süd- und Südweſtwinde ihn erniedrigen. Man muß daher bei Beobachtung des Barometerſtandes die Richtung des herrſchenden Windes vergleichen, um den wahren Zuſtand des Luftdruckes zu beurtheilen.

§. 28. In vulkaniſchen Gegenden wirkt die unterirdiſche Witterung ſehr ſtark und plötzlich auf das Barometer. Kurz vor Erdbeben fällt das Queckſilber tief unter 27 Zoll, und nach denſelben ſteigt es eben ſo plötzlich. Jenes Vorzeichen wird den Anwohnern der Vulkane ſehr nützlich zur zeitigen Vermeidung der Gefahr in den Wohnungen verſchüttet zu werden.

§. 29. Starke Gewitter haben eine entgegengeſetzte Wirkung, wenn ſie nah herankommen und über uns hinziehen, als wenn ſie noch in der Ferne anrücken. Wo das Gewitter anlangt, ſteigt das Queckſilber im Barometer ſichtbar in Minuten, endlich ſogar in einzelnen Sekunden. Geht das Gewitter vorüber, ſo fällt das Queckſilber in gleichem Maße wieder mit Verzögerung. Man kann demnach den Gang der Gewitter an Barometer genau beobachten und verfolgen.

§. 30. Die Wärme der Luft hat merklichen Einfluß auf das Barometer, weil ſie die Dichtigkeit des Queckſilbers vermindert, demzufolge dann eine längere Säule mit dem Luftdrucke im Gleichgewichte ſteht. Nach Lavoiſier verlängert ſich die Queckſilberſäule bf (Fig. 80) für jeden Wärmegrad des

Digitized by Google

Reaumurschen Wärmemessers um den 4330sten Theil, und verkürzt sich bei Abnahme der Wärme um ebensoviel. Deshalb ist der Barometerstand im Winter überhaupt niedriger als im Sommer.

§. 31. Die Höhe des Standortes hat nicht minder Einfluß auf das Barometer, weil in größerer Höhe eine kürzere Luftsäule auf das Quecksilber drückt und also auch mit einer kürzeren Quecksilbersäule im Gleichgewicht steht. Dieser Umstand, den Paskal 1648 zuerst beobachtete, ist für sich allein schon geeignet zu überzeugen, daß die Folgerung, die man aus den der Skale beigeschriebenen Witterungen machen möchte, nicht so geradehin Statt habe. Man müßte wenigstens die Skale jedes einzelnen Barometers nach der Höhe des Ortes, wo es aufgehängt wird, stellen, und bei Veränderung der Wohnung umstellen. Keineswegs kann aber der Stand der verkäuflichen Barometer unten im Thal und auf dem Berge gleiche Bedeutung haben.

§. 32. Jene Veränderung des Standes nach der Höhe, welche den Gebrauch des Barometers als Wetterglas einschränkt, macht es in anderer Hinsicht um so nützlicher, als Werkzeug zu genauen Höhenmessungen. Oft wiederholte Beobachtungen haben bewährt, daß der mittlere Stand des Quecksilbers an der Meeresfläche 28 Zoll sey und daß er in größeren Höhen für jede 78 Fuß um 1 Linie abnehme, wenn die Wärme gleich ist. Ist die Wärme ungleich, so kann ihre Einwirkung nach §. 30 berechnet werden. Auf diese Weise hat man die Erhöhung vieler Orte über der Meeresfläche mit dem Barometer bestimmt. Es gehören dazu korrespondirende, d. h. ganz gleich gestellte Heberbarometer, welche zugleich am tieferen und am höheren Orte beobachtet werden. Auf gleiche Weise werden Berghöhen und Schachttiefen mit dem Barometer gemessen.

§. 33. Da in der heißen Zone Wärme und Winde weniger veränderlich sind, so ist der Spielraum, in welchem das Quecksilber steigt und fällt, dort weit geringer als nach den Polen zu. Er beträgt z. B. in Peru $\frac{1}{2}$ Zoll, zu Kalkutta $\frac{3}{4}$ Zoll, in

Digitized by Google

Neapel 1 Zoll, in unsern Gegenden 2 Zoll (27 — 29), in Petersburg 3½ Zoll.

§. 34. Aus den täglichen Beobachtungen eines Jahres zieht man einen Durchschnitt, welcher die mittlere Barometerhöhe des Orts heißt. Sie ist in Berlin 27″ 11‴, in Düsseldorf 27″ 10‴, in Mannheim 27″ 9‴, in Erfurt 27″ 6‴, in Würzburg 27″ 5‴, in Prag 27″ 3‴, in München 26″ 5‴.

X. Elasticität der Luft.

§. 1. Wiewol die Luft ihren Raum gleichförmig und scheinbar ganz ausfüllt, läßt sie sich doch durch mechanische Gewalt in einen sehr engen Raum zusammendrücken. Man bedient sich dazu der Kompressionpumpe, welche Fig. 33 ohngefähr vorstellt. Eine metallene Holkugel a, mit einem Kugelventil, (Fig. 50) statt dessen in Fig 33 die Klappe b gezeichnet ist, wird auf den eisernen Lauf cd geschraubt, welcher oben zwei Handgriffe ce und cf, weiter unten aber ein Loch g hat. Im Laufe ist der Kolben luftdicht beweglich, an dessen Kolbenstange unten die Krücke ik befestiget ist. Setzt man die Füße auf i und k, faßt e und f mit beiden Händen und zieht ad hinauf, bis der Kolben unter g kommt, so schöpft das Rohr Luft durch g. Wird darauf die Handhabe niedergedrückt, so stößt der Kolben die Luft im Rohre durch das geöffnete Ventil in die Kugel; sie kann aber nicht in das Rohr zurücktreten, wenn wieder aufgezogen wird. Bei fortgesetztem Kolbenspiel wird folglich immer mehr Luft in der Kugel zusammengepreßt. Wie weit die Zusammendrückung getrieben werden könne, darüber weichen die Angaben sehr ab. Man findet, daß 300, 600, 900, ja: 1800 Theile Luft in den Raum Eines Theiles gebracht werden könnten; aber ein Maximum läßt sich im Allgemeinen nicht bestimmen, weil es darauf ankommt, wie dicht die Luft vom Anfang war, wie große Druckkraft angewendet wird, und welchen Druck die Stärke der mettallenen Kugel auszuhalten vermag.

Digitized by Google

§. 2. In Fällen, wo Luft und Flüssiges gemeinsam äußerem Drucke unterworfen sind, widersteht das Flüssige dem Zusammendrücken nach I, 31 beharrlich und pflanzt den Druck auf die Luft fort, so daß diese allein zusammengedrückt wird. Man breche von einer Thermometerkugel die Röhre soweit ab, daß die Kugel eben schwer genug wird im Wasser weder zu schwimmen, noch zu sinken, sondern zu schweben. Man senke sie in ein mit Wasser gefülltes Zuckerglas und verbinde dessen Hals mit Blase, so daß kein Luftbläschen zwischen Blase und Wasser bleibt. Die Glaskugel wird das Röhrenstück, worin ihr Schwerpunkt liegt (VII, 19), und also die Oeffnung immer unter sich behalten. Drückt man mit dem Finger auf die Blase, so wird das Wasser den Druck der Luft in der Kugel mittheilen, sie zusammendrücken, in die Kugel eindringen und sie nach VII, 15 zum Sinken bringen. Gewöhnlich formt man zu diesem Versuche hole Glaspuppen und nennt sie kartesische Taucher oder Teufelchen. Ein ähnlicher Versuch im Großen ist es, wenn man starke, verpichte Glasflaschen mit dem Anker in die Tiefe des Meeres versenkt. Unter dem Drucke der aufliegenden hohen Wassersäule dringt das Wasser, wenn es die Flasche nicht zerdrücken kann, durch die Verpichung, drückt die Luft zusammen und füllt einen Theil der Flasche.

§. 3. Wenn Luft, Wasser und Festes in einem Gefäße äußerem Drucke unterworfen sind, so ist es gleichfalls nur die Luft, welche zusammengedrückt wird. Die starke Adhäsion der Luft zu losem Festen (III, 40) wird so leicht überwunden, und der auflösenden Kraft des Wassers zum Festen kann dadurch Eingang verschafft werden, wo ihre Wirkung technischer Zweck ist. Darauf beruht der Gebrauch von Rommershausens Extraktivpresse. Lose Pflanzenkörper, deren Quintessenz ausgezogen werden soll, schließt man mit Wasser in einen Cylinder ein, worin ein Kolben auf beide drückt. Die Luft weicht verdichtet zurück und überläßt dem aufdrückenden Wasser die Berührungsfläche. Man erhält so in

Digitized by Google

sehr kurzer Zeit syrupdicke Extrakte, die alle Kräfte der ausgezogenen Körper, auch die flüchtigen Stoffe, unvermindert wiedergeben. Freilich hat Parrot durch Gegenversuche dargethan, daß jene Presse entbehrlich sey und einfaches Durchseihen ebendasselbe leiste, wenn man ihm Zeit genug lasse; allein eben der Gewinn von mehren Stunden, den der Theoretiker wenig achtet, ist dem Techniker unschätzbar.

§. 4. Wenn eingeschlossene Luft durch Zusammendrücken mehr verdichtet worden als die freie, so breitet sie sich strömend wieder aus, sobald man ihr den Ausgang öffnet, und das mit um so größerer Gewalt, je enger sie zusammengepreßt worden war. Die Luft offenbart darin eine Elasticität, welche die fester und flüssiger Körper weit übertrifft. Der kartesische Taucher stößt das eingedrungene Wasser von sich und steigt demzufolge nach VII, 16 wieder empor. Die Luft, welche wir in der Brust oder im Blasebalge verdichten, bläst desto heftiger, je mehr sie verdichtet ward. Gewaltigere Wirkung thut die gepreßte Luft in der Windbüchse, wenn das Ventil der Kugel geöffnet wird. Hatte man der Kugel mit der Kompressionpumpe 300 Stöße gegeben, wodurch die Luft höchstens fünfzigmal dichter ward, so giebt sie zehn starke Schüsse, welche die Kugel im Kernschuß 300 Fuß weit tragen, und fünfzehn schwächere. Die Wirkung des Schießpulvers beruht zum Theil auf der Elasticität der Luft.

§. 5. Wird Luft in fester Hülle fortwährend zusammengedrückt, so überwindet ihre Elasticität endlich den Zusammenhang des Festen und befreit sich durch Sprengen. So sprengen Selterwasser, Stahlwasser, gährend aufgefüllter Champagner und Burgunder, auch Fülbier, die Flaschen, wenn die Bewegung Luft genug aus ihnen entbindet. Eben das bringt die Gefahr bei unmäßigem Gebrauche der Kompressionpumpe, und bei Ueberladung des Schießgewehrs, führt aber auch technisch zum Zwecke beim Sprengen der Felsenmassen. Nicht die Stärke irgend eines Festen setzt dieser Gewalt Gränzen, nur die gegebene Menge der eingeschlossenen

Digitized by Google

Luft. Bei ſtetem Anwachſen ſteigt ihre zerſtörende Kraft ins Ungeheure. Dieſelbe Urſach, welche Flaſchen ſprengt, hebt auch weit ausgedehnte Gebirglagen, rüttelt ſie beim Erdbeben und zerreißt ſie endlich. Ebendieſelbe hob in der Urzeit das ganze feſte Land aus dem Schooße des Oceans empor.

§. 6. Wenn Luft und Waſſer in einem Gefäße übereinander ſtehen, z. B. c und b in A Fig. 34, durch deſſen luftdicht verſchloſſenen Hals die Röhre db bis zum Boden niedergeht, welche ſich in d koniſch verengt, und man bläſt durch d noch mehr Luft ein, ſo wird die vermehrte Luft ihren Raum c nicht vergrößern, ſondern verdichtet werden; ſobald man aber den Mund abſetzt, wird ſie ſich um ebenſoviel wieder ausdehnen und das unterſtehende Waſſer durch die Röhre in einem Strahl emportreiben. Man nennt dieſe Vorrichtung den Heronball. Er findet techniſche Anwendung in der Gießkugel, Fig. 35, deren ſich Blumenliebhaber bedienen ihre Topfgärten vor dem Fenſter Abends zu benetzen. Die meſſingene Kugel a wird durch das angelöthete Rohr ab mit Waſſer gefüllt. Wenn man in b Luft einbläſt, ſo treibt ſie das Waſſer durch das eingelöthete Rohr cd in einem feinen Strahl aus, der als Staubregen niederfällt und vermöge der aus der Mundluft eingeſogenen Kolenſtoffſäure die Gewächſe ſchnell erfriſcht.

§. 7. Die Verbindung des Heronballes mit der Druckpumpe hat eines der wolthätigſten Werkzeuge, die Feuerſpritze hervorgebracht. Ihre Beſtimmung iſt: viel Waſſer mit vereinter Menſchenkraft möglichſt hoch in einem ununterbrochenen, beliebig zurichtenden Strahle emporzutreiben, um das Feuer zu löſchen oder wenigſtens die Umgebung abzukühlen. Auf dem fahrbaren Waſſerkaſten A ſtehen zwei Druckpumpen bc, deren Kolben l durch die Druckſtange mn abwechſelnd auf- und niederbewegt werden. Was die Saugröhren bd ſchöpfen, wird beim Niedergange der Kolben durch die Seitenventile e in den Windkeſſel F getrieben, einen Heronball von Kupfer. Durch ſein luftdichtes Gewölbe geht das kupferne Steigrohr hg nieder,

Digitized by Google

welches oben der lederne Schlauch ki mit dem verengten Mundstück ik verbindet. Hält man das Mundstück bei k mit dem Daumen zu, so wird der Luftinhalt des Windkessels durch das eingepumpte Wasser nach dem Gewölbe zu mit großer Gewalt zusammengepreßt. Läßt man das Mundstück frei, so dehnt sich die Luft wieder aus und treibt das unterstehende Wasser, welches die Pumpen ersetzen, in ununterbrochenem Strahle durch das Steigrohr aus. Die Menge des Wassers, welche ausgeworfen wird, hängt von der Größe der Druckpumpen ab, die Höhe des Strahles aber von dem Grade der Luftverdichtung, also, wie bei Bramah's hydraulischer Presse, von der Weite des Windkessels im Verhältniß zur Weite der Pumpenstiefel. Die beliebige Richtung giebt der biegsame Schlauch, welcher, verlängert, durch Fenster und Thüren nach Hintergebäuden geleitet werden kann, worin der Vorzug der Schlauchspritzen besteht.

§. 8. Ebendieselbe Vorrichtung wird angewendet, um hohe Wasserstrahlen in Lustgärten springen zu lassen. Man legt dergleichen Druckspringwasser da an, wo es an fallendem Wasser zu natürlichen Springwassern (VII, 25) fehlt. Ein Gebäude oder unterirdisches Gewölbe verbirgt den Wasserkasten A und das Druckwerk B Fig. 37. Das Steigrohr wird unter dem Boden in de nach dem Bassin C geführt, wo der Strahl sich erhebt; das Wasser läuft aber im Rohre fg nach dem unterirdischen Behälter zurück, wodurch die Möglichkeit entsteht, den Strahl taglang zu unterhalten, und zwar blos mit Regenwasser, das im Bassin gefangen wird. Der Druck der Wassersäule fg erhöht den Strahl noch mehr.

§. 9. Wenn in einer Röhre ab Fig. 38, die kurze, trichterförmige Seitenröhren cc hat und bis auf den Boden des Kastens D niedergeht, Wasser herabfällt, so reißt es im Sturze viel Luft mit sich hinab, die durch die Seitenröhren eindringt. Unten angekommen drückt es, während es durch e gedrängt ausfließt, die mitgebrachte Luft über sich zusammen und stößt sie durch die

Digitized by Google

verengte Röhre f blasend aus. Die mit herabgerissene Luft macht ein dumpfes Geräusch, wovon man diese Vorrichtung die Wassertrommel genannt hat. Diese Erfindung des Alexandriners Ktesibius ward von den Alten zum Spiel der ältesten Orgel, der Wasserorgel gebraucht, indem man statt f mehre Orgelpfeifen auf den Kasten D setzte. Eine solche ist noch jetzt zu Frascati bei Rom im Gange. Die neuere Kunst benutzt die Wassertrommel theils zum Betriebe der Blasbälge in Schmelzhütten, theils um frische Luft in die Erzgruben zu bringen, indem man sie von f aus in Röhren dahin leitet, wo man ihrer bedarf.

§. 10. Eine ruhende Wassersäule vermag durch ihren Druck eingeschlossene Luft zusammenzupressen und durch sie anderes Wasser emporzutreiben. Darauf beruht die Einrichtung des Heronbrunnens Fig. 39. Der Teller A schließt als Deckel das Gefäß B welches durch zwei Röhren über dem Gefäß C getragen wird. Der Teller hat drei Oeffnungen, d, i und k. Durch die Röhre de hängt der Teller mit dem Gefäß C zusammen. Das oben verengte Rohr ih geht bis auf den Boden des Gefäßes B herab. Durch die Oeffnung k füllt man B mit Wasser und verstopft dann k luftdicht. Wenn man darauf den Teller A mit Wasser übergießt und i zuhält, so läuft das Wasser durch das offene Rohr de ab, drückt die Luft in C über sich zusammen und treibt sie durch das Rohr fg in das obere Gefäß B, worin die gepreßte Luft das Wasser unter sich drückt und im Rohre hi hinauftreibt, daß es über dem Teller springt, sobald man i öffnet. Das Wasser springt so lange, bis die Luft in B selbst durch hi entweichen kann. Die Höhe des Wasserstrahles ist etwa die Hälfte von der Höhe de. Im Kleinen vorgerichtet findet der Heronbrunnen Anwendung, um bei Tafel Wasser auf dem Tische springen zu lassen. Dann ist er von Silber und B wird zuvor mit Rosen- oder Orangeblütwasser gefüllt. Außerdem wird in den hydrostatischen Lampen von Girard das Oel auf ähnliche Weise zum Docht emporgehoben.

Digitized by Google

§. 11. Die Wirkung des Heronbrunnens kann beliebig gesteigert werden, wenn man durch Verlängerung der Röhren de und fg die Gefäße B und C weiter von einander entfernt; denn da der Bodendruck der Wassersäule de nach VI, 15 mit der Quadratzahl der Höhe zunimmt, so wird die Luft in C um so stärker gepreßt und erzeugt einen höheren Wasserstrahl. Außerdem kann der Druck des Wassers dadurch verdoppelt werden, daß man die Röhren de und ef zweimal anbringt und im Viereck einsetzt, welches ohnehin bei Vergrößerung des Werkzeugs zur Haltbarkeit nöthig wird. Ein so gebauter Heronbrunnen von vier Fuß Höhe wirft schon einen Wasserstrahl von 25 Zoll. Durch noch höhere Röhren läßt sich leicht ein mannhoher Strahl bewirken, um Säle in oberen Stock der Gartenhäuser damit zu zieren und zu erfrischen. C ist dann im Erdgeschosse und muß mit einem Zapfen zum Ablassen des Wassers versehen seyn. Noch mehr im Großen findet der Heronbrunnen Anwendung bei Höll's Wassersäulenmaschine und Luftmaschine, die beim Grubenbau gebraucht werden, um Grundwasser zum Stollen zu erheben und frische Wetter einzubringen.

§. 12. Da die obere Luft der Atmosphäre fortwährend auf die untere drückt, so folgt, daß nur die äußerste Schicht der großen Luftkugel sich in dem Zustande ihrer ursprünglichen Dichtigkeit befinden könne; daß die unteren Luftschichten, je tiefer herab, desto stärker zusammengedrückt sind; daß endlich die untere Luft, wenn man ihr Raum giebt, vermöge ihrer Elasticität sich bis zur Dünnheit der äußersten Luft wieder ausdehnen werde. Dieses Bestreben der von Natur verdichteten Luft sich wieder auszubreiten nennt man wol Expansibilität, die sonach von der ursprünglichen Dehnkraft oder Expansivkraft (I, 13) zu unterscheiden ist. Wir benutzen sie jeden Augenblick, um die Luft zu bewegen. Wir erweitern die Brust, um Luft zu schöpfen, Der Blasebalg wird durch Ausdehnung mit Luft gefüllt, um sie nachher verdichtet wieder auszustoßen. Auf gleiche Weise

Digitized by Google

schöpft man mit der Gasspritze Luft aus einem mit Wasser gesperrten Gefäße, um sie in ein anderes Gefäß unvermischt überzufüllen, wodurch die Untersuchung der Luftarten möglich ward.

§. 13. So wie die Saugpumpe vermöge des Luftdrucks überhaupt geeignet ist Wasser zu heben, so vermag sie durch die Elasticität der Luft auch Luft aus der Tiefe zu heben. Sie wird alsdann zur Luftsaugpumpe, dergleichen man anwendet, um verderbte Luft aus Krankensälen, Schiffräumen, Kellern, Brunnen und Gruben zu entfernen. Die sogenannten Ventilatoren der Schiffe und die Wettersätze der Bergwerke sind im Wesentlichen Blasbläge mit zwei Ventilen, welche theils wie bei der Saugpumpe, theils wie bei der Druckpumpe gestellt sind. Im ersten Falle ist das zweite Ventil in Kolben, im zweiten neben dem Bodenventil an einem beliebig zu verlängernden Steigrohre.

§. 14. Wenn Luft in einem Gefäße eingeschlossen ist, und man öffnet ihr einen luftleeren Raum, so vertheilt sie sich vermöge ihrer Elasticität in beide Räume, bis sie in beiden gleiche Dichtigkeit erlangt hat. Die Ruhe, welche durch diese gleichmäßige Vertheilung entsteht, nennt man das Gleichgewicht der Luft, wiewol dabei von gleichem Gewichte der Luft in beiden Räumen nicht die Rede ist, sondern nur von gleichem Gegendrucke der Elasticität. Wenn in der freien Luft irgendwo Luftmassen von verschiedener Dichtigkeit sich neben einander befinden, so erzeugt dieselbe Vertheilung der dichteren Luft Strömungen, Wind, und die Bewegung dauert so lange fort, bis das Gleichgewicht der Elasticität hergestellt ist, in welchem Falle wir die Luft windstill nennen.

§. 15. Wenn die Vertheilung eingeschlossener Luft in vorgelegte luftleere Räume oft wiederholt wird, ohne daß die Luft in den ersten Raum zurücktreten kann, so wird sie darin fortwährend vermindert, wiewol sie ihn immerfort ausfüllt, so lange sie sich noch in zusammengedrücktem Zustande befindet. Diese Verminderung der Masse bei unverminderter Größe, oder diese

Digitized by Google

Verdünnung der Luft, kann so lange fortgesetzt werden, bis die Luft zu der ursprünglichen Dichtheit zurückkehrt, welche sie in der äußersten Atmosphäre besitzt, wo kein Druck sie verdichtet. Vermöge dessen wird es möglich die Luft aus einem Gefäße beinah ganz auszuschöpfen, und darauf beruht die Wirkung der Luftpumpe, eigentlich Luftverdünnungpumpe, welche Otto von Guerike 1650 erfand.

§. 16. Die mechanische Einrichtung der Luftpumpe stellt im Wesentlichen Fig 40 dar. Die Glasglocke A steht auf dem metallenen Teller bc. Zwischen beide legt man einen Ring von Leder, mit Talg oder Seife getränkt und drückt zu Anfang des Gebrauchs die Glocke fest an, damit sie rundum luftdicht schließe. Die Mitte des Tellers ist durchbrochen und nimmt das Verbindungrohr de i auf, welches von der Glocke zum Stiefel führt. An dem Rohre ist ein Hahn f, welcher die Gemeinschaft zwischen Glocke und Stiefel herstellt oder aufhebt, jenachdem er gedreht wird. Zieht man ihn aber heraus, so hat das Innere der Glocke Verbindung mit der freien Luft. Der Stiefel gh ist ein metallener Cylinder, in welchem der luftdicht schließende Kolben k vermittelst der Handhabe l hin und her bewegt werden kann. Der Stiefel hat zwei Ventile, das Bodenventil i, und das Kolbenventil mm. Beide sind hier als Klappen gezeichnet; in der Wirklichkeit gebraucht man aber Blaseventile, wie Fig. 41 eines vorstellt. Durch den Körper no geht die Röhre p. Der Körper des Ventils ist in qq mit Blase oder Wachstaffet umbunden, welche zwar die Röhre p decken, aber daneben in rr durchschnitten sind. Ein Stoß von unten hebt die Decke und öffnet das Ventil der Luft, ein Stoß von oben schließt es. Die Mündung des Stiefels für die Kolbenstange bei h darf nur so weit seyn, daß die Stange sich leicht bewegen, aber nicht aus der Achse des Stiefels verschieben läßt. Die Rohrmündung d erhebt sich etwas über den Teller und ist mit einer Schraube versehen, damit man gewisse Nebengeräthe aufschrauben könne,

Digitized by Google

die statt der Glocke gebraucht werden sollen. Bei solchen Versuchen, wo die erhöhte Mündung d hinderlich seyn würde, bedeckt man sie mit einer metallenen Kappe, die auf dem Teller steht, ohne dicht anzuschließen, wie kl Fig. 42.

§. 17. Wenn der Hahn F offen gestellt, der Kolben aber mit der Handhabe herausgezogen wird, so theilt die Glocke ihren Luftinhalt mit dem Stiefel, indem das Ventil sich öffnet. Wird dagegen der Kolben hineingestoßen, so drückt die Luft im Stiefel das Ventil i zu, öffnet aber das Ventil m und entweicht ins Freie. Jeder Kolbenzug entfernt also einen Theil der Luft aus der Glocke A. Das Maß, in welchem bei fortgesetztem Kolbenspiel die Verdünnung der Luft fortschreitet, richtet sich nach dem Raumverhältniß der Glocke und des Stiefels. Sind beide gleich groß, so halbirt jeder Kolbenzug die Luft in A und der Rest ist demnach $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$ u. s. w., nach dem 15ten Stoße also nur $\frac{1}{32678}$, vorausgesetzt, das Ventile, Hahn und Kolben pünktlich schließen. Bei Handpumpen ist der Stiefel gewöhnlich kleiner als die Glocke und die Verdünnung geht langsamer vor sich, kann aber doch weit genug getrieben werden, wenn man Geduld hat und die Mühe nicht scheut.

§. 18. Wenn die Luft aus der Glocke bis auf einen gewissen Grad ausgepumpt worden ist, und man zieht den Hahn F aus, so dringt die äußere Luft mit Gewalt und zischend in die Glocke ein, bis sie sich wieder in Gleichgewicht gesetzt hat. Nach dem Geräusch dieses Eindringens kann man die Wirksamkeit der Pumpe beurtheilen und gewahren, ob alles im Stande sey; Geräusch beim Kolbenspiel verräth aber im Gegentheil, daß irgendwo der luftdichte Schluß fehle, dem nachzuspüren ist, um vergebliche Anstrengung zu sparen.

§. 19. Wird eine Holkugel von Glas, deren metallener Hals mit einem Sperrhahn versehen ist, auf dem Teller angeschraubt und die Luft möglichst ausgepumpt, dann der Hahn geschlossen, die Kugel abgeschraubt und auf einer empfindlichen

Digitized by Google

Wage durch Gewichte aufgewogen, dann aber der Hahn geöffnet, so sinkt die Kugel beim Eindringen der äußeren Luft merklich und man muß Gewichte in die andere Wagschale legen, um das Gleichgewicht wieder herzustellen. Die Gewichtzunahme ist das absolute Gewicht der Luft in der Kugel. Hat diese 3 — 4 Zoll Durchmesser, so beträgt jene Zunahme schon 8 — 10 Gran. Dieser Versuch bestimmt das Gewicht der Luft etwas genauer als der von Marsenne (IX, 1), aber nicht völlig. Eigentlich wiegt der preussische Kubikzoll Luft bei mitteler Wärme und Dichtheit 0,615 Gran, wonach sie 840 mal leichter als Wasser geschätzt wird. Ihre Eigenschwere würde 0,00119 seyn.

§. 20. Schraubt man auf den Teller eine metallene Hohlkugel, die aus zwei Halbkugeln luftdicht zusammengesetzt und deren Hals mit einem Sperrhahn versehen ist, so halten die Halbkugeln, deren polirte Ränder anfänglich nur schwach aneinander haften, nach dem Auspumpen, Sperren und Abschrauben mit einer um so größern Kraft zusammen, je größer sie sind. Ist ihr Durchmesser fünf Zoll, so vermögen zwei starke Männer nicht sie von einander zu reißen. Ist der Durchmesser zwei Fuß, so kann man zwölf Pferde an jede Halbkugel spannen und antreiben, ohne daß die Hälften los lassen, die gleichwol nach Oeffnung des Hahnes von selbst auseinander fallen. Dieser Versuch bestätiget, was IX, 12 von der Gewalt des Luftdruckes gesagt worden.

§. 21. Wenn man die III, 4 beschriebenen Adhäsionplatten unter die Glocke der Luftpumpe bringt und die Luft auszieht, so werden die Platten durch geringere Gewichte von einander gerissen als in freier Luft. Dieser Erfolg beweiset, daß das Anhaften der Platten durch den Luftdruck vermehrt und unterstützt werde. Auf ähnliche Weise befördert der Luftdruck das Zusammenhalten der meisten Körper, auch des menschlichen.

§. 22. Wird statt der Glocke ein metallener Cylinder defg (Fig. 42) auf den Teller ab gesetzt, auf den abgeschliffenen

Digitized by Google

Rand df aber eine gleichfalls eben abgeschliffene Glasscheibe hi luftdicht angesetzt und die Luft ausgepumpt, so wird nach einigen Stößen schon die Glasscheibe eingebogen und mit einem Knalle zersprengt. Vgl. IX, 4. Bei diesem Versuche muß man das Gesicht mit einem Tuche verhängen, auch die Kappe kl über die Mündung c stürzen. Ueberspannt man den Cylinder mit Blase statt der Glasscheibe, so wird die Blase beim Auspumpen sackförmig eingedrückt, bis sie zerreißt.

§. 23. Eine mit Luft halb gefüllte und dicht zugebundene Blase schwillt unter der Glocke mehr und mehr auf, so wie die Luft ausgepumpt wird, indem durch Wegnahme des äußeren Luftdruckes die Elasticität der eingeschlossenen Luft Raum gewinnt; sie fällt aber augenblicklich wieder zusammen, wenn man Luft in die Glocke einläßt. Auf gleiche Weise schwillt eine schlaff gefüllte Blase auf, wenn man sie aus dem Thale auf einen Berg bringt und gleich warm erhält. Aus dieser Ursach platzen Luftballons leicht, wenn sie stark gefüllt schnell zu großer Höhe steigen.

Setzt man einen kleinen Heronball (§. 6) unter die Glocke, so springt er vom ersten Kolbenzuge an.

§. 24. Wenn statt der Glocke ein hoher Glascylinder auf den Teller gesetzt wird, und man läßt nach möglichster Verdünnung der Luft Körper von sehr verschiedener Dichtheit und Gestalt von oben herabfallen, so erreichen sie den Boden zu gleicher Zeit. Dieser Fallversuch beweiset, daß nur der Luftwiderstand die IV, 10. 11 angemerkte ungleiche Fallgeschwindigkeit der Körper verursacht. Zu diesem Versuch wird eine metallene Kappe auf den Cylinder gesetzt, die Fig. 43 vorstellt. Auf dem Cylinder acbd schließt die Metallplatte ab luftdicht an. Durch den Mittelpunkt der Platte geht der Drücker fg, welcher in e luftdicht drehbar ist. Er hält unten die in Gewerben leicht beweglichen Klappen h und i, auf deren eine man ein Stückchen Blei, auf die andere eine Flaumfeder legt. Wenn f umgedreht wird, lassen die Arme des Drückers beide Klappen zugleich fallen.

Digitized by Google

§. 25. Wird ein kleiner Glasheber (IX, 7) auf den Teller gesetzt und durch Ansaugen zum Laufen gebracht, dann die Glocke übergestürzt und die Luft ausgepumpt, so hört er nach wenigen Kolbenzügen auf zu laufen, das Wasser darin trennt sich und läuft in beiden Schenkeln ab, welches zum Beweise dient, daß die Wirkung des Hebers vornehmlich durch den Gegendruck der Luft auf beide Schenkel unterhalten wird.

§. 16. Wenn man unter einer hohen Glocke ein Barometer auf den Teller stellt und die Luft auspumpt, so sinkt das Quecksilber fortwährend, so wie die Luft verdünnt wird, und läuft aus der Birn über, wenn sie nicht sehr geräumig ist. Dieser Versuch bestätiget die Erklärung des Barometers (IX, 19). Statt eines wirklichen Barometers bedient man sich dabei der Barometerprobe Fig. 44, eines kleinen Heberbarometers a b c d, welches auf dem Fußgestell e steht und dessen Quecksilbersäule a b bis auf sechs Zoll verkürzt ist. Das Fallen beginnt darin erst dann, wenn das Quecksilber im Barometer selbst zu gleicher Tiefe gefallen seyn würde. Das Gelingen dieses Versuches zeugt von der Wirksamkeit einer Luftpumpe.

§. 27. Versenkt man trockenes Holz mit Blei in ein Glas voll Wasser, setzt das Glas unter die Glocke und pumpt die Luft aus, so entwickeln sich Luftblasen aus dem Holze und das Wasser dringt in seine Zwischenräume. Wenn die Entwickelung aufhört, die Glocke dann abgehoben und das Blei abgelöst wird, schwimmt das Holz nicht auf dem Wasser, sondern bleibt auf dem Boden liegen. Dieser Erfolg zeigt, daß das Holz an sich schwerer als Wasser ist und nur durch Uebertragung (VII, 23) schwimmend wird, wenn seine Hölungen sich beim Austrocknen mit Luft füllen. Daher sinken dichtere Holzarten nach VIII, 14. Auch neugefälltes, gesundes Stammholz schwimmt deshalb nicht.

§. 28. Wenn man auf einen Glascylinder einen dünn ausgedrehten Teller von leichtem Holze kittet, den Cylinder auf den Teller der Pumpe setzt, den Holzteller mit Quecksilber füllt und

Digitized by Google

dann die Luft auspumpt, so wird anfänglich die Luft aus den Zwischenräumen des Holzes gesogen. Dann dringt das Quecksilber hindurch und bildet herabfallend einen Quecksilberregen. Dieser Kastnersche Versuch gewährt zugleich technischen Nutzen, indem das Quecksilber dadurch besser von fremdartigen Beimischungen gereiniget wird, als wenn man es durch Leder preßt.

§. 29. Noch leichter wird auf ähnliche Weise die Luft aus losen Körpern gesogen und beider gegenseitiges Anhaften kann dadurch aufgehoben werden, um einem flüssigen Auflösungmittel Eingang zu verschaffen. Darauf beruht die Wirkung von Rommershausens Luftpresse zum schnellen Auslaugen. Den auszulaugenden pulverisirten Körper drückt man in einem Cylinder zusammen und übergießt ihn mit Wasser. Wird von unten die Luft aus dem Pulver gepumpt, so folgt das Wasser nach und laugt es aus. Der Erfinder zieht diese Luftpresse, die wol richtiger Auslaugepumpe genannt würde, seiner Extraktpresse (§. 10) noch vor.

§. 30. Wenn Flüssiges Luft aufgelöst enthält, entläßt es sie unter der Glocke der Luftpumpe. So kann man kaltes Brunnenwasser, Selterwasser und Stahlwasser durch Auspumpen zersetzen. Zähes Flüssige erzeugt dabei Schaum. Champagner und mehr noch Füllbier bedeckt sich mit hohem Schaum, welcher aber sogleich zusammenfällt, wenn man Luft in die Glocke einläßt, indem das Flüssige die entlassene Luft wieder einsaugt. Ein Ey, an dem ein Stückchen Schale ausgebrochen worden, ohne das Häutchen zu verletzten, quillt unter der Glocke stark aus, zieht sich aber beinah ganz wieder ein, wenn man den Hahn der Pumpe öffnet. Diese Ausdehnung bewirkt zum Theil die Brütblase (nach §. 23), zum Theil aber die im Dotter aufgelöste Luft; denn man findet das Gelbe nachher blasig.

§. 31. Wenn feuchte Körper unter der Glocke gesperrt werden und man wiederholt das Auspumpen der Luft von Zeit zu Zeit, so werden sie nach und nach vollständig ausgetrocknet,

Digitized by Google

indem das Wässerige ausgesogen wird. Aepfel, Birnen, Kirschen, Trauben und andere Obstfrüchte, Blätter, Blumen, Wurzeln, Champignons und Trüffeln schrumpfen zusammen, ohne etwas von ihrem Geschmacke zu verlieren. Eyweiß, Blut, Milch, Fleischgallert, Obstsäfte, Pflanzenextrakte, Syrup, Honig und Most lassen sich so ganz fest darstellen. Hierin liegt der Keim zu einem neuen Gewerbe. Mit unseren Handpumpen erzielt man freilich nichts. Man müßte große Luftpumpen dazu erbauen und durch Wasserräder treiben lassen.

§. 32. Lauwarmes Wasser fängt unter der Glocke an zu sieden, sobald die Luft sehr verdünnt wird. Die Glocke füllt sich mit durchsichtigem Wasserdampf. Sobald man aber den Hahn öffnet, wird der Dampf zu Nebel und hängt sich in Tröpfchen am Glase an. Der Weingeist wird noch leichter zum Sieden gebracht, so daß man ihn durch die Luftpumpe ohne Feuer abziehen kann. Zu diesem Ende muß die Pumpe als Druckwerk eingerichtet seyn, d. h. statt des Kolbenventiles ein Seitenventil vom Stiefel zur Vorlage führen. Auf diese Weise kann von geistigen Extrakten, auch bei Bereitung der Transparentseife, ein Theil des gebrauchten Spiritus wiedergewonnen werden.

§. 33. Wenn sich neben dem Wasser noch ein anderer Körper unter der Glocke der Luftpumpe befindet, welcher durch Verwandschaft die Dämpfe des Wassers verschluckt, so wie sie beim Auspumpen entstehen, so wird das Wasser durch die beschleunigte Verdunstung erkältet und setzt eine Eisrinde an. Hierauf beruhet Leslie's Eisbereitung. Es gehört dazu eine sehr wirksame Pumpe. Anfangs brauchte man Vitriolöl als einsaugenden Körper; allein dessen Dämpfe greifen das Metall der Pumpe merklich an. Unter mehren andern später angewendeten Mitteln verdient ausgetrocknetes Hafermehl den Vorzug, weil es überall zu haben, wohlfeil und der Maschine nicht nachtheilig ist. Es saugt die Wasserdämpfe so begierig ein, daß ein Pfund davon

Digitized by Google

ein Viertelpfund Wasser in Eis zu verwandlen vermag, selbst mitten im Sommer. Man hat schon angefangen diesen Versuch zur Eisbereitung technisch anzuwenden. Zu dem Ende setzt man fünf bis sechs flache und weite Glocken mit dem Stiefel in Verbindung, indem sich das Verbindungrohr in so viele durch Hähne abschließbare Arme theilt. Die Zeit wird das Begonnene vervollkommnen.

§. 34. Setzt man eine brennende Wachskerze unter die Glocke, so fängt die Flamme nach wenigen Kolbenzügen an dunkel zu brennen, flackert und verlöscht hüpfend. Dieser Versuch beweist vorläufig, daß in der atmosphärischen Luft ein Stoff vorhanden sey, dessen Mitwirkung zur Verbrennung nothwendig ist. Schießpulver läßt sich unter der Glocke nicht entzünden, wenn die Luft schon sehr verdünnt ist. Ein Pistolenfeuerzeug giebt, wenn es in der ausgepumpten Glocke zum Schlagen gebracht wird, nur matte Funken, welche den Zunder nicht in Brand zu setzen vermögen.

§. 35. Bringt man ein kleines Thier unter die Glocke der Luftpumpe, so fängt es nach einigen Kolbenzügen an ängstlich zu werden, schnappt nach Luft, fällt um und stirbt unter Krämpfen. Wenn zeitig genug Luft eingelassen wird, so erholt es sich wieder; aber nach einigen Sekunden schon wird der Scheintod zum wirklichen. Vögel werden am leichtesten getödet, später Mäuse, noch später Frösche, am spätsten Schnecken. Diese Versuche beweisen, daß allen Lebenden die Luft, oder etwas in ihr, zum Leben Bedürfniß sey, wenn auch bei ungleichem Bedarf der Luftbewohner, Erd- und Wasserthiere.

Was kleine Thiere in der Glocke erleiden, erfährt auch der Mensch, wenn er sich in höhere Luftregionen begiebt. Als Sauſſure 1787 den Montblanc erstieg, fand er in einer Höhe von 1400 Toisen eine Luft, welche mehr als die Hälfte von der Dichtigkeit der unteren Luft besaß. Das Barometer stand nur 16 Zoll 1 Linie hoch. Diese dünne Luft wirkte empfindlich auf seinen Körper ein, ermattete ihn und machte ihn schläfrig. Das Athmen ward

Digitized by Google

erschwert und mußte verdoppelt werden. Der Blutumlauf war außerordentlich schnell und das Herz klopfte heftig. Der Puls schlug in der Minute hundert mal, statt 72, wie sonst. Der Appetit war verloren. Nur kaltes Wasser erfrischte. Nach wenigen Schritten, mußte man ruhen. So wie er abwärts in dichtere Luft zurückkehrte, verloren sich jene Zufälle.

Als der Luftschiffer Robertson sich 1803 mit dem Ballon zu einer Höhe von 3600 Toisen erhob, wo das Barometer auf 14 Zoll fiel, empfand er Uebelbefinden, Sausen in den Ohren und Schläfrigkeit. Mitgenommene Vögel starben wie in der Luftpumpe. Freigelassen, konnten sie nicht fliegen und stürzten herab. Gay Lussac füllte 1804 in gleicher Höhe Glaskugeln mit Luft und verschloß sie luftdicht. Da sie nach der Rückkehr unter Wasser geöffnet wurden, füllten sie sich zur Hälfte mit Wasser.

IX. Schall.

§. 1. Eine Erschütterung, welche nicht vom Gemeingefühl, sondern von Hörnerven empfunden wird, nennen wir Schall. Derjenige Körper, welcher durch seine Bewegung hörbar wird, heißt der schallende Körper. Der Schall gelangt durch Fortleitung zum Ohr, und der ihn fortpflanzende Körper wird das Schallmittel genannt. Alle drei Formen des Körperlichen sind geeignet Schallmittel abzugeben; aber gewöhnlich ist es die Luft.

§. 2. Wenn der Schall durch Luft geleitet wird, werden die Lufttheile wol berührt, aber nicht fortbewegt. Sie bleiben unverrückt an ihrer Stelle und der Schall erzeugt an sich kein Wehen, Strömen der Luft; wol aber werden sie beim Schallen zusammengedrückt und ihre Elasticität theilt benachbarten Theilen den Druck mit. Jede Bewegung, welche die Luft schnell zusammendrückt, hat daher Schallen zur Folge. Strömende Luft erzeugt an sich keinen Schall, wol aber, wenn sie durch anstoßende Körper zusammengedrückt wird. So rauscht der Wind im Walde und heult zwischen Gemäuer.

Digitized by Google

§. 3. Der Schall verbreitet sich in der Luft von dem Punkte seines Entstehens aus in geraden Linien, die man Schallstrahlen nennt, weil sie den Lichtstrahlen ähnlich sich unter Winkeln von einander entfernen. Sie verbreiten sich gleichförmig nach allen Seiten, wenn die umliegenden Lufttheile gleich stark zusammengedrückt werden; aber bei einseitiger Zusammendrückung der Luft folgt der Schall hauptsächlich der Richtung des Druckes, wie z. B. beim Rufen, weshalb wir gewohnt sind uns dahin zu wenden, wohin der Ruf gelangen soll.

§. 4. Der Schall wird desto deutlicher gehört, je mehr die Lufttheile zusammengedrückt werden, weil sie sich dann um so kräftiger wieder ausdehnen und den Druck fortpflanzen. Daher richtet sich die Stärke des Schalles nach der Druckkraft, z. B. der Knall der Pistolen, Flinten, Feldschlangen und Karthaunen nach dem Verhältniß des Pulversatzes. Je kräftiger man in die Hand klatscht oder die Peitsche schwingt, desto lauter wird der Schall.

§. 5. Je vollständiger alle Lufttheile zusammengedrückt werden, desto größer wird ihre Zusammendrückung, desto stärker also auch der Schall seyn. Da die Schallstrahlen sich von einander entfernen, mithin, je weiter hin, desto mehr Lufttheile nur mittelbar am Drucke Theil nehmen, so folgt daraus nothwendig eine Verminderung des Schalles mit der Verbreitung der Schallstrahlen. Er nimmt ab, wie die Quadratzahl der Entfernung zunimmt, wird also z. B. in dreifacher Entfernung 9 mal schwächer. Es erfolgt endlich ein Verhallen, wenn die Zusammendrückung zu schwach wird die Elasticität der Luft anzuregen.

§. 6. Je stärker der Schall ursprünglich war, desto später erfolgt jenes Gleichgewicht der Elasticität der Luft, in welchem er verhallt, und desto weiter wird er durch die Luft getragen. So hört man im Freien ein Flüstern nur 5 — 10 Fuß weit, Reden 20 — 30 Fuß, Rufen 100 — 500 Fuß, die Peitsche 1500 — 3000 Fuß, ein Pistol 5000 Fuß, eine Flinte 10,000 Fuß,

Digitized by Google

eine Kanone 15 — 30,000 Fuß, den Donner 50 — 60,000 Fuß weit.

§. 7. Da mit der Dichtigkeit der Luft auch ihre Elasticität zunimmt, so wird der Schall um so stärker, je dichter die Luft ist. Aus diesem Grunde schallt es in Hölen und Gruben, gebäuden stärker als in der freien Luft. Das Rollen des Donners wird stärker, wenn die Schallstrahlen unmittelbar in die untersten, dichteren Luftschichten eindringen. Ebendeshalb hört man denselben Schall in der Nacht weit stärker als bei Tage, wenn es auch in beiden Fällen gleich still war, weil die Luftschichten sich bei Nacht verdichten. Am auffallendsten ist dieser Unterschied in der heißen Zone, wo der nächtliche Schall an einigen Orten dreifache Stärke gewinnt.

§. 8. Aus gleichem Grunde wird der Schall um so schwächer, je dünner die Luft ist. Wenn man eine Taschenuhr unter der Glocke der Luftpumpe an einen wollenen Faden aufhängt, so hört man nach dem Auspumpen der Luft das Picken nicht mehr, wiewol man die Bewegung der Zeiger bemerkt. Läßt man Luft ein, so hört man es wieder. Auf sehr hohen Bergen ist der Schall sehr schwach. Ein abgefeuertes Pistoll knallt da nicht stärker als wenn man nnten in die Hände klatscht. Robertson konnte in einer Höhe von 3600 Toisen seinen Gefährten bei angestrengtem Zuruf kaum verstehen, wiewol tiefe Stille sie umgab. Knallsilber knitterte blos, wenn man es mit dem Hammer schlug. Auf Bergen hört man auch den Donner unten hinziehender Gewitter nur schwach.

§. 9. Wenn die Luft mit fremdartigen Stoffen angefüllt ist, welche ihre Elasticität vermindern, so nimmt in demselben Maße ihre Schallfähigkeit ab. Daher hört man Glockengeläute bei feuchter Luft nicht weit. Der Ruf verhallt im Nebel bald und Wanderer verlieren sich leicht von einander, wenn auf hohen Bergrücken Wolken zwischen sie treten, weshalb die Lappen in solchem Falle alsbald Halt machen.

Digitized by Google

§. 10. Ist die Luft in strömender Bewegung, so wirkt diese verschieden auf die Verbreitung des Schalles. Der Wind befördert den Schall in der Richtung seines Stromes und hemmt ihn in der entgegengesetzten. Daher hört man zuweilen unter dem Winde fernes Glockengeläute und Froschteiche, die man nicht mehr hört, wenn der Wind sich wendet. Deshalb achtet der Jäger vornehmlich auf die Seite, woher der Wind kommt; denn das Wild macht es ebenso und entgeht ihm dadurch leicht unter dem Winde.

§. 11. An ebenen Flächen verbreitet der Schall sich leichter und daher weiter als da, wo er durch hervorstehende Körper aufgefangen wird. Daher hört man sehr weit über den Wasserspiegel eines ruhigen Sees Hundegebell. Auch schallt es weiter über Eisflächen als über Wiesenboden. Hügeliger Boden und Gebüsche hemmen und schwächen dagegen den Schall. Fallender Schnee hemmt ihn ungemein, vornehmlich wenn er in großen Flocken fällt. Auch Staubwolken dämpfen ihn merklich.

§. 12. Wenn Licht und Schall zugleich entstehen und von einem Punkte aus sich verbreiten, so bleibt letzterer weit nach. Bei Abfeuerung einer Kanone hört man in der Ferne den Knall erst nach dem Erscheinen des Blitzes, und um so später, je größer die Entfernung ist. Dies gab ein Mittel an die Hand die Geschwindigkeit der Schallverbreitung zu bestimmen, wenn man die Sekunden zwischen Blitz und Knall zählte, die Entfernung maß und mit der Sekundenzahl dividirte. Oft wiederholte Versuche der Art bewiesen, daß sich der Schall bei mittlerer Wärme und Dichtheit der Luft in der Sekunde 1080 bis 1100 preuß. Fuß weit fortpflanzt.

§. 13. Die Geschwindigkeit des Schalles ist ebendieselbe, er mag stark oder schwach seyn. Den Schlag einer Axt und den Knall einer Büchse hört man gleich bald nach dem Augenblicke, da man das Niederfallen der Axt und den Rauch der Pfanne sah. Wiewol der Schall bei weiterer Verbreitung geschwächt wird,

Digitized by Google

so nimmt doch seine Geschwindigkeit nicht ab, sondern er legt in den folgenden Sekunden gleiche Räume zurück. Daher ist es möglich nach dem Ausbleiben des Schalles hinter dem Lichte Entfernungen zu bestimmen. So schätzt man die Entfernung und Annäherung eines Gewitters nach dem Zwischenraume zwischen Blitz und Donner. Ebenso beurtheilt man im Kriege die Schußweite der Batterieen, erforscht man bei Landvermessungen Entfernungen durch Signalfeuer.

§. 14. Die wärmere Luft pflanzt den Schall schneller fort, weil mit der Wärme ihre Elasticität zunimmt. In der Temperatur des Gefrierpunktes geht der Schall in der Sekunde 1026 Fuß weit. In wärmerer Luft nimmt die Geschwindigkeit mit jedem Grade des hunderttheiligen Thermometers um $\frac{1}{100}$ oder etwa 2 Fuß zu. Nach Coldingham's Versuchen betrug die Geschwindigkeit zu Madras 1130 bis 1140 Fuß.

§. 15. Auch flüssige und feste Körper leiten den Schall, aber in verschiedener Weise. Das Wasser leitet ihn gewiß; denn Schwimmer hören unter Wasser, aber nicht sehr weit, und der Schall wird sehr gedämpft. Dagegen pflanzen feste Körper den Schall sehr weit und schneller fort als die Luft, vornehmlich elastische. Bei Biot's Versuchen gab eine 3000 Fuß lange Röhre von Gußeisen den Ton einer Glocke, die an einem Ende angeschlagen ward, am andern Ende zweimal wieder, und zwar mit einem Zischenraum von $2\frac{1}{2}$ Sekunden, das erste Mal vom Eisen, das zweite Mal von der Luft, und die Berechnung ergab, daß der Schall durch das Eisen in $\frac{1}{5}$ Sekunde gekommen war.

§. 16. Durch den Erdboden wird der Schall wol nicht mit einer so großen Geschwindigkeit, aber ungemein weit fortgepflanzt. Legt man das Ohr an den Erdboden, so hört man deutlich das Dröhnen der in der Ferne einer Stunde anrückenden Reiterei. Bei großen Erschütterungen geht die Verbreitung des Schalles noch viel weiter, z. B. bei starken Gewittern und Kanonaden. Als 1713 Landau beschossen ward, hörte man bei Nacht

Digitized by Google

vor Cöln, 30 Meilen davon, jeden einzelnen Schuß. Ebenso hörte man 1706 bei Lausanne das Bombardement von Turin in einer Entfernung von 70 Stunden.

§. 17. Wenn der durch die Luft fortgepflanzte Schall auf feste Körper trifft, erzeugt er eine Schwingung der Oberfläche des Festen, und diese vermag die Lufttheile auf ähnliche Weise zusammenzudrücken, so daß ein neuer Schall entsteht. Man nennt das die Zurückwerfung des Schalles, wiewol es eine Wiedererzeugung ist. Er verbreitet sich vom Festen aus mit derselben Geschwindigkeit, auch in derselben Stärke, mit welcher er ankam, und mit derselben quadratischen Verminderung, sogar mit allen Eigenheiten des ursprünglichen Schalles, Tones oder artikulirten Lautes.

§. 18. Die besondere Beschaffenheit des Festen hat bei Zurückwerfung des Schalles bedeutenden Einfluß. Vor allen sind elastische Körper geeignet durch auffallende Schallstrahlen in Schwingung gesetzt zu werden und diese Schwingung zu wiederholen, wodurch sie denselben Schall mehrmals wieder erzeugen. Die Wiederholung unterstützt aber den schon ausgeübten Druck auf die Luft, wodurch der zurückgeworfene Schall an Stärke und Dauer gewinnt. Man nennt diese verstärkende Zurückwerfung Resonanz. Sie wird um so stärker, wenn der elastische Körper sehr dünn und so ausgespannt ist, daß er frei schwingen kann, worauf die Einrichtung der Resonanzböden an Klavieren, Harfen und Geigen beruht.

§. 19. Wenn der Festkörper, welcher den Schall zurückwirft, eine ebene Oberfäche hat, so wirft er jeden Schallstrahl nach dem Gesetze der Springkraft (II, 33) unter gleichem Winkel zurück. Der senkrecht einfallende Schallstrahl geht senkrecht, also denselben Weg zurück; der schief einfallende wird aber unter einem eben so großen Winkel nach der andern Seite reflektirt. Da die Strahlen des ankommenden Schalles in kegelförmiger Verbreitung an die ebene Fläche schlagen, so trifft freilich jeder unter einem

Digitized by Google

anderen Winkel ein, und so werden sie nach allen Seiten zurückgeworfen; allein die stärksten Mittelstrahlen, welche in der Achse des Schallkegels liegen, werden auch am stärksten zurückgeworfen, und insofern kann der ganze Schallkegel als ein einfacher Strahl betrachtet werden.

§. 20. Wird der Schall von Wänden zurückgeworfen, die so weit entfernt sind, daß er erst dann zurückkommt, wenn der ursprüngliche Schall schon verhallt ist, so daß man beide deutlich unterscheidet, so nennt man diese Wiederholung Wiederhall, Echo. Gewöhnlich entsteht das Echo durch Gebäude von beträchtlichem Umfange oder durch Felsenwände. Von beiden unterscheidet sich das Waldecho der Nadelholzwaldungen. Es entsteht durch die gerade aufgeschossenen Stämme, wenn sie von Unterholz entblößt sind und dicht genug stehen, um eine Wand zu bilden. Man findet dergleichen Echo's an Orten, wo sonst keine Erhöhung vorkommt, und sie sind stärker als andere, wegen der Resonanz der elastischen Stämme.

§. 21. Meistentheils giebt das Echo den Schall sehr geschwächt zurück, weil er sich hin und her zweimal ausbreitet. Die Schwächung des Schalles nimmt mit dem Quadrate des Quadrats der Entfernung zu. Wenn die Entfernungen zweier Echo's sich verhalten wie 2:3, so wird der Schall beim ersten hinwärts bis auf $\frac{1}{4}$ der Stärke geschwächt, die er bei einfacher Entfernung haben würde, und herwärts ebenso, also zusammen auf $\frac{1}{16}$; beim andern zweimal auf $\frac{1}{9}$ oder zusammen auf $\frac{1}{81}$. Dieses Verhältniß der Schallschwächung erklärt, warum oft kein Echo statt findet, wo man es erwartete, indem der Schall auf der Rückkehr verhallt. Dasselbe schlafende Echo wird aber oft durch einen stärkeren Schall erweckt.

§. 22. Die zur Entstehung eines deutlichen Wiederhalles erforderliche Entfernung richtet sich außer der Stärke des Schalles nach dem Zeitraume, welchen die Entstehung des Schalles einnimmt. Da man in der Sekunde leicht 9 Töne deutlich angeben

Digitized by Google

kann, also in $\frac{1}{5}$ Sekunde Einen, der Schall aber in $\frac{1}{5}$ Sekunde 120 Fuß weit geht, oder 60 Fuß hin und her, so folgt bei 60 Fuß Entfernung der Wiederhall unmittelbar auf den Urschall. Das einfache Echo für einzelne Töne erfordert daher zum Mindesten 60 Fuß.

§. 23. Zur Wiederholung des Gesprochenen ist eine größere Entfernung nöthig als für Töne. Da man in der Sekunde 5 Sylben deutlich aussprechen kann, also in $\frac{1}{5}$ Sekunde Eine, der Schall aber in $\frac{1}{5}$ Sekunde 216 Fuß weit, oder 108 Fuß hin und her geht, so ist bei 100 Fuß Entfernung der Wiederhall schon deutlich vom Urschall geschieden und es entsteht bei dieser Entfernung ein einfaches und einsylbiges Echo. Im Winter wird es bei geringer Entfernung schon deutlich ansprechen.

§. 24. Größere Entfernungen lassen dem Sprechenden Zeit mehre Sylben auszusprechen, ehe der Wiederhall der ersten zurückkommt, wodurch ein mehrsylbiges Echo entsteht. Man kann dabei auf jede Sylbe 100 Fuß Entfernung rechnen, so daß bei 200 Fuß ein zweisylbiges, bei 300 Fuß ein dreisylbiges Echo statt findet u. s. w. Nach dem Echo lassen sich daher Entfernungen ohngefähr schätzen, wenn man versucht, wie viele Sylben es angebe. Das berühmteste Echo dieser Art ist wol das am Metellischen Grabmahl bei Rom, welches den ersten Vers der Aeneide vollständig wiederholt. Bei Nacht geben diese Echo's mehr Sylben wieder als bei Tage, weil nach §. 14 die Abkühlung der Luft die Geschwindigkeit des Schalles mindert. So giebt z. B. das berühmte Echo im Thale Montmorency bei Tage sechs, bei Nacht aber vierzehn Sylben.

§. 25. Von dem einfachen Echo, welches den Zuruf nur einmal wiederholt, unterscheidet sich das mehrstimmige Echo, welches denselben Schall von mehren Seiten zurückgiebt. Ein solches ist aus mehren einfachen zusammengesetzt und entsteht durch mehre Wände, welche so gerichtet sind, daß sie den Hauptschall (§. 19) nach Einem Punkte, dem Standorte des Rufers, zurückwerfen.

Digitized by Google

Ist ihre Entfernung wenig verschieden, so rufen sie alle zusammen, auf welche Weise der Donner in Gebirgthälern vervielfältigt wird. Wenn dagegen ihre Entfernung um mehre Hundert Fuß verschieden ist, so antworten sie nach einander, die nächsten einsylbig, andere mehrsylbig. Von dieser Art ist das elfstimmige Echo bei Coblenz. Meistentheils, aber nicht bei allen, werden die späteren Nachrufe immer schwächer.

§. 26. Zuweilen entsteht ein mehrstimmiges Echo ohne große Entfernung, in eingeschlossenen Räumen, wenn mehre Wände eine solche Richtung gegen einander haben, daß sie den Schall wiederholt hin und her eine der andern zuwerfen. Von dieser Art war das Heptaphonon zu Olympia und das zwanzigstimmige Echo im Schloßhofe zu Woodstock. Beide übertrifft noch das der Villa Simonetta bei Mailand. Dieses Landhaus ist in Hufeisenform gebaut und die parallelen Flügel stehen 58 Schritte von einander ab. Ruft man aus einem Fenster des einen gegen den andern, so wird der Ruf 40 mal wiederholt, der Knall einer Pistole aber 60 mal, so daß die Laute kaum unterscheidbar auf einander folgen.

§. 27. Wenn der Schall von sphärischer Holflächen zurückgeworfen wird, so zerstreuen sich die Schallstrahlen nicht so wie vor ebnen Wänden; vielmehr wird der auffallende Schallkegel wiederum als ein Schallkegel zurückgeworfen, in dessen Spitze sich die Schallstrahlen verdichten, so daß der Schall seine ursprüngliche Stärke wieder gewinnt. Hierauf beruht die Wirkung der Schallspiegel, die man zu Nancy Fremden zeigt. Es sind große metallene Holspiegel von sechs Fuß Durchmesser, die in einer Entfernung von 30 Fuß gegen einander gestellt werden. Wenn zwei Personen vor die Spiegel treten, daß sie um den halben Halbmesser von der Kugelfläche entfernt sind, und der Eine sagt etwas leise gegen seinen Spiegel, so hört es der Andre deutlich, zwischen und neben ihnen Stehende aber nichts. Aehnliche Wirkung thun Kugelgewölbe. Im Battisterio

Digitized by Google

zu Pisa, dessen Gewölbe eine Halbkugel bildet, entsteht ein lang anhaltendes, donnerndes Gepolter, wenn man mit dem Fuße stampft.

§. 28. Senkrecht stehende Cylinderflächen wirken in sofern als Schallspiegel, daß sie die wagerecht anschlagenden Schallstrahlen in ein Schalldreieck verdichtet zurück werfen. Sie erzeugen dadurch ein verstärktes Echo in Vergleichnng mit ebenen Wänden. Von dieser Art ist das ungemein starke, sechsstimmige Echo des Königplatzes zu Cassel, dessen im Kreis aufgeführte Gebäude einen Cylinder von 220 Fuß Halbmesser bilden. Hole Wände verstärken jederzeit das Echo, so wie im Gegentheile bauchige dasselbe schwächen, woraus sich erklärt, warum bei vielstimmigem Echo nicht selten die späteren Nachrufe stärker sind als die vorhergehenden.

§. 29. Elliptische Gewölbe haben die merkwürdige Eigenschaft, daß sie den Schall, der von dem einen Brennpunkt der Ellipse ausgeht, so zurückwerfen, daß die Schallstrahlen sich in dem anderen Brennpunkt wieder vereinigen. Da hierbei die Hin- und Herwege aller Schallstrahlen gleich lang sind, so treffen alle gleichzeitig ein, wodurch der reflektirte Schall im zweiten Brennpunkte seine ursprüngliche Stärke wiedergewinnt. Hierauf beruht die Wirkung der sogenannten Sprachgewölbe. Die in beiden Brennpunkten stehenden Personen verstehen einander deutlich, wenn sie abgewandt gegen die Wand flüstern; aber die Umstehenden hören nichts davon. Manche Dome (z. B. zu Girgenti) und alte Tempel (z. B. der Merkurtempel zu Bajä) zeigen diese Erscheinung, weil sie elliptische Cylinder darstellen. Bewundernswürdig ist die Wirkung der Paulskirche zu London, deren elliptisches Gewölbe den einen Brennpunkt unter der zugänglichen Kuppel, den andern im unten stehenden Taufstein hat, weshalb man das Picken einer auf letzteren gelegten Uhr unter der Kuppel deutlich hört. Aus gleicher Ursach hört man in Schauspielhäusern, die mit dem Theater elliptisch zusammenschließen, die Stimme des Schauspielers am deutlichsten in der Mitte des Parterre.

Digitized by Google

§. 30. Wenn der Schall durch cylindrische Röhren geht, kann er sich nicht durch Verbreitung schwächen, weil alle Schallstrahlen von den Wänden der Röhre zurückgeworfen und bis zum Ende derselben immer wieder zusammengebracht werden. Er wird daher in sehr große Entfernungen ungeschwächt fortgepflanzt. Biot hörte durch eine 3000 Fuß lange Röhre den leisesten Laut vom andern Ende. Wasserleitungen, unterirdische Gänge, Strecken und Stollen zeigen dieselbe Erscheinung. Durch Röhren von Holz oder Gußeisen wird es möglich zwischen dem Erdstock und den oberen Stockwerken weitläufiger Gebäude Sprachverbindung herzustellen, welches Fabrikherren in manchen Fällen wichtig seyn kann.

§. 31. Endigen sich solche Cylinder mit einer ebenen Wand, so wirft diese den Schall ungeschwächt zurück, und er langt mit seiner ursprünglichen Stärke am Ende des Entstehens wieder an, wenn die Röhre glatt ist. Daher geben rund ausgemauerte oder glatt ausgehauene Felsenbrunnen ein sehr lautes Brunnenecho, wenn sie bis zum Wasserstande wenigstens 100 Fuß Tiefe haben. Ist die Röhre selbst elastisch, so verstärkt sie den Schall durch Resonanz. Daher knallt ein Pistol stärker als eine Flinte, wenn man es in eine stehende Tonne abfeuert, welche zum vierten Theile mit Wasser gefüllt ist.

§. 3. Kegelförmige Röhren, durch deren weitere Mündung der Schall eindringt, hindern nicht blos die Verbreitung der Schallstrahlen, sondern drängen sie immer dichter zusammen und verstärken dadurch den Schall, weil das an die enge Mündung angehaltene Ohr nun mehr Schallstrahlen auffängt, als außerdem geschehen würde. Jeder Trichter bewirkt schon eine solche Verstärkung, besser und bequemer aber das einfache Hörrohr, welches Fig. 45 darstellt. Wenn Schwerhörende den Ring b fassen, die Spitze c ins Ohr halten, die Mündung a aber dem Sprechenden zukehren, so hören sie die Rede um so viel verstärkt, als die Weite der Mündung a die von c übertrifft. Die Ohren

Digitized by Google

des Hasen, der Fledermaus, des Pferdes und Esels sind natürliche Hörröhre. Auch der Mensch ersetzt im Nothfall das künstliche durch Anhalten der holen Hand ans Ohr.

§. 33. Von dem einfachen unterscheidet sich das doppelte Hörrohr (Fig. 46) darin, daß man mit dem Trichter einen Schallspiegel verbindet und die Resonanz eines elastischen Körpers zu Hülfe nimmt, um den Schall noch mehr zu verstärken. Der siebartig durchlöcherte Deckel a läßt die Schallstrahlen in die metallene Glocke bcde, deren Inneres cd als Schallspiegel und Resonanzboden dient. Den zurückgeworfenen Schallkegel fängt der Trichter f auf und verdichtet ihn noch mehr bis zum Ohre. Das doppelte Hörrohr verstärkt den Schall freilich ungleich mehr als das einfache; allein die Resonanz macht die Rede undeutlich, so daß der Schwerhörende nicht leicht versteht, was er hört, und den Sinn errathen muß.

§. 34. Ein Hörrohr im Großen ist die Vorrichtung, welche man das Ohr des Dionysius nennt. Was (Fig. 47) in dem Kerker A nur leise geflüstert wird, hört man deutlich im Gemache C, wenn man das Ohr an die Mündung des Trichtergewölbes b hält. Dionys bediente sich dieses Mittels, um die Gespräche Verdächtiger, die man zusammen einsperrte, zu erlauschen. Unter Heinrich dem Achten gab es ähnliche Gefängnisse im Tower. Die neuere Kriminaljustiz macht, vielleicht aus Diskretion, keinen Gebrauch von einem Kunststück, welches so geeignet ist die Arglist zu überführen, das Böse zu enthüllen und die Verhöre abzukürzen.

§. 35. Wenn der Schall durch die enge Mündung c eines kegelförmigen Rohres dce Fig. 48 eindringt, so kann er sich zwar etwas verbreiten, aber weit weniger, als im Freien geschehen würde, weil die äußeren Schallstrahlen in f, g und andern Punkten vom Rohre unter gleichem Winkel zurückgeworfen und dadurch in parallele Richtung mit dem Achsenstrahl ce gebracht werden. Nur die, welche nicht anstoßen, verbreiten sich außer dem Rohre

Digitized by Google

noch weiter; die reflektirten tragen den Schall ungeschwächt in die Ferne. Hierauf beruht im Wesentlichen die Wirkung des von Morland 1670 erfundenen Sprachrohrs, welches so gemeinnützig geworden ist, um damit von Thürmen herab, über Feld und Flüsse, auf der See von Schiff zu Schiff zu sprechen. Nützlich ist es das elliptische Mundstück cab anzusetzen, damit der Mund sich frei bewegen könne; übrigens ist die einfachste Kegelform des Rohrs die beste und alle versuchten Abänderungen dieser Gestalt sind unwirksam befunden worden.

§. 36. Außer der Parallelmachung der Schallstrahlen üben Kegelröhren noch eine zweite Kraft aus, indem die Elasticität der Masse Resonanz erzeugt und den Schall verstärkt. Diese Resonanz vermag einen unmerklichen Laut hörbar zu machen. Wenn man die Mündung einer großen Seeschnecke ans Ohr hält, hört man ein Brausen, welches nur dadurch entsteht, daß die elastische Perlmutter unhörbare Schallstralen von außen auffängt und durch Resonanz verstärkt dem Ohre zuführt. Auf gleiche Weise verstärkt jedes Sprachrohr den Ruf merklich, und das um so mehr, je elastischer seine Masse ist. Diese Verstärkung ist aber ein Fehler, weil das mit der Resonanz verbundene Zittern des elastischen Körpers ein fortdauerndes Schwirren erzeugt und die Sprache undeutlich macht. Aus diesem Grunde sind Sprachröhre von Pappe oder Leder weit brauchbarer als metallene.

§. 37. Wenn es nicht darauf ankommt in die Ferne deutlich zu reden, sondern den Schall an sich zu verstärken und weit fortzutragen, so hat Metall den Vorzug vor minder elastischen Körpern. Die Wirkung der Trompete und des Waldhorns bringt nur Metall hervor. Eine sehr nützliche Anwendung davon ist Fitzgeralds Schallrohr. Ein Kegelrohr von Kupfer wird mit der engen Mündung auf den Lauf einer Pistole oder Flinte geschraubt. Der Knall der Flinte gleicht dann dem Donner einer neunpfündigen Kanone. Diese Vorrichtung dient statt des groben Geschützes zu Signalen in weiter Ferne.

Digitized by Google

§. 38. Vor mehren Jahren erregte ein englisches Kunstwerk allgemeine Bewunderung unter der mystischen Benennung „das unsichtbare Mädchen". Man hörte deutlich aus einer frei an Schnuren hängenden Kugel eine Mädchenstimme, welche vorgelegte Fragen beantwortete. Es war eine geschickte Vereinigung der Vortheile des Sprachrohrs, des Hörrohrs und der Schallleitung in Röhren. Das Wesentliche der Einrichtung stellt Fig. 49 dar. Die Zimmer A und B trennt eine Scheidewand, welche in m versteckt angebohrt ist, damit der in B davorstehende Souffleur des unsichtbaren Mädchens hören könne, was in A, wo man den Versuch zeigt, gefragt wird. Eine große kupferne Kugel c, welche an vier Seiten trichterförmige Mündungen hat wie d und e, hängt frei an einem Drahtbogen fg, welcher sich auf das Gestell fhgi stützt. Unter dem Fußboden hin wird ein Rohr von Blech ik aus A in B geleitet. Einer von den Füßen des Gestelles gi ist gleichfalls Röhre und hat in g, dem Trichter e gegenüber, eine durch Zierrathen versteckte Mündung. Auf das andere Ende des Leitungrohrs wird in k der Trichter l aufgesetzt. Das Mädchen spricht in den Trichter l, welcher den Schall als Hörrohr verstärkt. So wird er im Rohre kig fortgeleitet, in der Kugel gefangen und durch die vier Sprachröhre wieder ausgestoßen.

XII. Ton.

§. 1. Wenn die Luft nicht, wie beim Schalle, mit einfachem und scharf gebrochenen Stoße gedrückt wird, sondern wiederholt in schnell folgenden regelmäßigen Schwingungen erzittert, welche das Ohr berühren, so nennen wir diesen Eindruck einen Klang. Die Luft ist nothwendige Bedingung zu seinem Entstehen, welches z. B. unter Wasser nicht statt findet. Die Luft wird dabei eben so wenig als beim Schalle strömend aus der Stelle bewegt. Die Flamme eines Lichtes wird weder durch eine nahe daran klingende Glocke, noch durch Singen bei offenem Munde in Bewegung gesetzt.

Digitized by Google

§. 2. Die zitternde Bewegung der Luft beim Klange wird ihr durch dichte und elastische Körper mitgetheilt, die in ähnlicher Bewegung sind. Dazu geeignete Festkörper werden klingend genannt. Dahin gehören vornehmlich Silber, Kupfer, Bronce, Messing, Eisen, Stahl, Glas und thierische Faser, demnächst auch Porcellan, Alabaster, Marmor und Holz. Bedingung des Klingens ist, daß sie eine solche Gestalt und Lage haben, in welcher sie ihre Elasticität frei äußern können, z. B. als Saiten, Blätter oder Holformen. Die zitternde Bewegung klingender Körper wird schon durch Anfühlen wahrgenommen. Auch dem Auge kann anschaulich gemacht werden, was mit dem klingenden Körper vorgeht, wenn man sattelförmig gebrochene Papierspähne hie und da auf Saiten hängt, flache Körper aber mit leichtem Staube, z. B. mit Herenmehl bestreut. Klingende Glasscheiben zeigen dann Chladni's Klangfiguren, indem sich der Staub nach den Schwingungen gruppirt.

§. 3. So wie beim Schalle, hängt auch die Wirkung auf das Gehör, oder die Stärke des Klingens, von dem Grade ab, in welchem die Lufttheile zusammengedrückt werden, und von dem Umfange der Luftmasse, welche gleichzeitig in schwingende Bewegung gesetzt wird, mithin von der Elasticität, Spannung und Größe des klingenden Körpers. Ein Körper von geringer Größe klingt an sich nur schwach; der Klang kann aber durch Resonanz (XI, 18) verstärkt werden, wenn die durch ihn erregte Schwingung einem nahen, sehr elastischen Körper von großer Oberfläche mitgetheilt wird, der sie dann in größerem Umfange auf die Luft zurückwirft. So klingt eine Spieldose z. B. ungemein verstärkt, wenn man sie auf den Resonanzboden eines Klaviers setzt.

§. 4. Außer der ungleichen Stärke zeigen die Klänge noch eine wesentlichere Verschiedenheit in der Art, wie sie auf das Gehör wirken. Einige Körper geben einen unbestimmten, unregelmäßigen und wenig angenehmen Klang, wie z. B. Teller, Flaschen,

Digitized by Google

Kessel, Trommeln, Becken, Schellen, Geld u. s. w. Von solchen sagt man schlechtweg, daß sie „klingen". Dagegen geben andere Körper vermöge ihrer Art, Gestalt und Lage einen bestimmten, sich gleich bleibenden, leichter mit andern vergleichbaren, angenehmen Klang, den wir Ton nennen. So tönen gute Glocken, während fehlerhaft gegossene nur klingen, gesprungne nur einen dumpfen, verwirrten Schall erregen. Wie Klang und Ton, so unterscheiden sich Geklingel und Musik.

§. 5. Je mehr die Töne das Gemüth ergetzen, desto leichter unterscheidet man sie nach dem Verhältnißbegriff der Höhe und Tiefe. Worin dieser Unterschied liege, zeigt die Beobachtung, daß tönende Körper bei hohen Tönen schnellere Schwingungen machen als bei tiefen, und daß es auf die Anzahl der Schwingungen, welche der tönende Körper in einem gewissen Zeitraum, z. B. einer Sekunde, macht, ankomme, wie hoch oder tief der Ton sich ausbilde. In gleichem Maße macht auch die Luft schnellere oder langsamere Schwingungen. Daher werden die allertiefsten Töne knarrend, d. h. man unterscheidet deutlich die Zwischenräume der Schwingungen. Ebendeshalb empfinden wir auch, daß hohe Töne das Gehör lebhafter anregen. Durch Versuche und Schlüsse hat man erforscht, daß bei den tiefsten Tönen nur 20 — 25 Schwingungen in der Sekunde statt finden, bei den höchsten aber 5 — 6000.

§. 6. Das Gehör unterscheidet eine ununterbrochene Reihe von Tönen, vom tiefsten bis zum höchsten. Ihre Anzahl ist unendlich, würde wenigstens für ein vollkommen ausgebildetes Tongefühl (musikalisches Gehör) unendlich seyn. Die gebräuchlichen Töne werden aus jener Reihe in festgesetzter Abstufung ausgehoben, weshalb man sie Tonstufen, ihre ganze Folge aber die Tonleiter nennt. Die Stufen sind keinesweges ganz gleichförmig, sondern einige überspringen mehr Zwischentöne, andere weniger. Letztere heißen deswegen halbe Tonstufen oder halbe Töne, erstere ganze Tonstufen oder ganze Töne. Die Folge

Digitized by Google

der halben Tonstufen nennt man die chromatische Tonleiter. Die aufsteigende ist c, cis, d, dis, e, f, fis, g, gis, a, b, h u. s. w.

§. 7. Den Zwischenraum zwischen zwei Tönen nennt man ein Intervall. In gewissen Intervallen trifft man auf ganz ähnliche Töne. Es ist allemal der dreizehnte Ton der chromatischen Tonleiter. In diesem Intervall liegen fünf ganze Tonstufen und zwei halbe, zusammen sieben, weshalb man den folgenden (eigentlich dreizehnten) Ton die achte Tonstufe oder Oktave nennt. Da die Oktaven sich dem Gehör nur als verjüngte Wiederholungen eines und desselben Tones kund geben, so bezeichnet man sie mit gleichen Namen. Auch die Intervalle derselben heißen Oktaven. Die Folge jener fünf ganzen und zwei halben Tonstufen nennt man die diatonische Tonleiter, z. B. c, d, e, f, g, a, h oder d, e, fis, g, a, h, cis. Der Umfang der ganzen chromatischen Tonleiter enthält etwa 120 bekannte halbe Tonstufen, oder zehn Oktaven, von welchen aber die tiefsten und höchsten in der Tonkunst nicht gebraucht werden, sondern nur die vier mittleren, welche man durch die Beibenennungen: große, kleine, eingestrichene und zweigestrichene von einander unterscheidet.

§. 8. Wenn ein Ton durch vollkommen regelmäßige Schwingungen gebildet wird und sich völlig gleich bleibt, so wird er rein genannt; unrein wird er aber, wenn er zwischen zwei Tonstufen umherirrt, welches bei Saiten dann geschieht, wenn sie nicht überall gleiche Stärke und Drehung haben. Tönen mehre Töne zusammen, so kommt es auf die Intervalle an, ob sie rein zusammentönen oder nicht. Grundton und Oktave erzeugen den reinsten Gesammteindruck, den man Einklang, Unison nennt. Die Ursach dieser beinah völligen Uebereinstimmung findet man darin, daß jede höhere Oktave in gleicher Zeit doppelt so viel Schwingungen macht, z. B. das große C in der Sekunde 120, das kleine 240, das eingestrichene 480 und das zweigestrichene 960.

Digitized by Google

Dabei fallen oft Schwinguugen der höheren und tieferen Oktave gleichzeitig zusammen, wodurch beide zusammen leicht hörbar werden.

§. 9. Wenn andere Töne als Oktaven zusammentönen, so erzeugen einige Intervalle Wolklang, Konsonanz, Harmonie, und schmeicheln dem Tongefühl noch mehr als Einklang, weil die Befriedigung des Einklanges sich mit dem Reiz des Mannigfaltigen vereint. Die reinste Harmonie bewirkt der harmonische Dreiklang oder Akkord des Grundtones mit der Terz und Quinte. Mannigfaltiger, aber minder beruhigend ist der Sextenakkord des Grundtons mit der Quarte und Sexte. Der Wolklang scheint sich auf ähnliche Weise wie der Einklang auf gleichzeitiges Zusammenfallen vieler Tonschwingungen zu gründen. Grundton, Terz und Quinte machen gleichzeitig 4, 5 und 6 Tonschwingungen, Grundton, Quarte und Sexte aber gleichzeitig 3, 4 und 5.

§. 10. Die Harmonie ist mehrer Abwandlungen fähig, die man Tonarten nennt und von denen die neuere Tonkunst zwei abwechselnd gebraucht, die harte und die weiche. Die harte (Dur) Tonart, die ionische der Alten, hat zum Hauptkennzeichen die große Terz mit drei halben Zwischentönen, z. B. c mit e oder d mit fis. Sie erregt das Gefühl der Freude und munteren Thätigkeit, besonders in c, d, f und g dur. Die weiche (Moll) Tonart, die äolische der Alten, wird kenntlich durch die kleine Terz, die nur zwei halbe Zwischentöne hat, z. B. c mit es (dis) oder a mit c. Sie stimmt zur sanften Wehmuth und beruhiget den Schmerz, vornehmlich in c, g, f und b moll. Bei Uebergängen aus der einen Tonart in die andere machen beide den Eindruck, welchen der Name bezeichnet.

§. 11. Wenn solche Töne zusammen angegeben werden, deren Gesammteindruck unrein ist und das Tongefühl beleidiget, so nennt man das Mißklang, Dissonanz. So wie die Wolklänge, sind auch die Mißklänge dem Gehör nicht alle gleich empfindlich. Einige sind schreiend, das Gefühl empörend und darum

Digitized by Google

fehlerhaft, in Tongedichten höchstens dann zulässig, wenn das Entsetzen dargestellt werden soll. Dagegen sind andere Dissonanzen von gewissen Wolklängen nicht weit entfernt, und darum minder abschreckend als beunruhigend. Sie erwecken das Verlangen sie gereiniget zu hören. Wenn sie nicht plötzlich entstehen, sondern vorbereitet, nachher aber durch geringe Abänderung in Wolklang aufgelöst werden, so wird dadurch der Eindruck des Ganzen lebhaft, und das Tongedicht gewinnt an Interesse.

§. 12. Die Vorrichtungen, welche dazu dienen tönenden Körpern die vortheilhafteste Gestalt und Lage zu geben, den erzeugten Ton durch Resonanz gehörig zu verstärken und das Spielen zu erleichtern, heißen Tonwerkzeuge oder musikalische Instrumente. Sie sind so mannigfaltig, wie der Geschmack der Menschen. Ein ungebildetes Tongefühl ist leicht zu vergnügen, und das Volk ergetzt sich mehr an tackmäßigem Geklingel als an Reinheit und Wolklang. Das Tongedicht der Oper macht daher in seiner Scenenmalerei auch von den unvollkommeneren Tonwerkzeugen Gebrauch, wie der Unterschied der auftretenden Personen es mit sich bringt. Die Gewerbnaturlehre betrachtet nur die wesentlichsten Wirkungen der Tonwerkzeuge nach ihrer Eintheilung in Saiteninstrumente, Glockenspiele und Blasinstrumente.

§. 13. Bei den Saiteninstrumenten ist der tönende Körper entweder ein Metalldraht oder ein Faden, aus Darmfasern geflochten. Metallsaiten geben den helleren, Darmsaiten den sanfteren, mit Metall übersponnene Darmsaiten den volleren Ton. Um die Saite in schwingende Bewegung zu setzen, wird sie entweder angeschlagen, wie beim Klavier und Fortepiano, oder gespannt und losgelassen, wie beim Flügel, der Harfe und Guitarre, oder gerieben, wie bei der Geige und Baßgeige. Zu Versuchen über die Wirkung der Saiten eignet sich das Monochord, ein resonirender Holkörper, allenfalls ein umgekehrter Schiebkasten, auf dem eine Saite über zwei Stege gespannt ist, zwischen welchen man bewegliche Stege einschieben kann.

Digitized by Google

§. 14. Unter übrigens gleichen Umständen macht eine Saite um so langsamere Schwingungen und giebt einen um so tieferen Ton, je länger sie ist. Das Verhältniß der Länge der Saite zu ihrem Tone ist nach der chromatischen Tonleiter folgendes. Wenn die Länge der Saite des Grundtons C = 1 ist, so ist sie bei Cis $\frac{15}{16}$, bei D $\frac{8}{9}$, bei Dis $\frac{5}{6}$, bei E $\frac{4}{5}$, bei F $\frac{3}{4}$, bei Fis $\frac{45}{64}$, bei G $\frac{2}{3}$, bei Gis $\frac{5}{8}$, bei A $\frac{3}{5}$, bei B $\frac{9}{16}$, bei H $\frac{8}{15}$, bei c $\frac{1}{2}$ u. s. w., indem jede folgende Saite die Hälfte von der Länge der gleichnamigen hat. Nach der diatonischen Tonleiter ist, die Prime zu 1 angenommen, die Sekunde $\frac{8}{9}$, die große Terz $\frac{4}{5}$, die Quarte $\frac{3}{4}$, die Quinte $\frac{2}{3}$, die Sexte $\frac{3}{5}$, die Septime $\frac{8}{15}$, die Oktave $\frac{1}{2}$, die obere Terz $\frac{4}{10}$, die obere Quinte $\frac{1}{3}$, die doppelte Oktave $\frac{1}{4}$.

§. 15. Bei gleicher Länge der Saiten hängt die Höhe des Tons von ihrer Dicke ab. Die dickere Saite macht wegen ihrer Steifheit weniger Schwingungen in gleicher Zeit und giebt daher den tieferen Ton, die dünnere den höheren. Ein bestimmtes Verhältniß der Dicke zum Tone zweier Saiten findet nur dann statt, wenn beide gleiche Dichtheit besitzen, nicht aber zwischen einer Metallsaite und Darmsaite, auch nicht zwischen Darmsaiten von ungleicher Drehung. Mit der Dicke nimmt neben der Tiefe auch die Stärke des Tones zu, wenn die verhältnißmäßige Kraft angewendet wird, um die Saite in Schwingung zu setzen. Daher bezieht man diejenigen Instrumente mit dickeren Saiten, welche stärker durchtönen sollen. Auch wählt man für die verschiedenen Oktaven der Saiteninstrumente Saiten von verschiedenen Numern, um die Spannung in der Höhe nicht bis zum Sprengen treiben zu müssen.

§. 16. Bei gleicher Länge und Dicke der Saiten hängt endlich die Höhe des Tones von der Spannung ab. Stärkere Spannung giebt der Saite eine erhöhte Schnellkraft, weshalb sie mehr Schwingungen in gleicher Zeit macht und einen höheren Ton giebt. Man benutzt dieses zum Stimmen der Saiteninstrumente

Digitized by Google

zur reinen Konsonanz, indem man die Wirbel durch die Hebelkraft des Stimmhammers so lange auswärts dreht, bis das Tongefühl den gesuchten Ton erkennt.

§. 17. Die Spannung der Saiten wird mehr oder weniger durch ihre Dehnbarkeit vereitelt, vermöge deren die gespannte Saite sich verlängert und folglich der Ton sich in die Tiefe zurückzieht. Dabei werden leicht einzelne Stellen mehr verdünnt, welches den Ton unrein macht. Man muß beim ersten Aufziehen das Stimmen wiederholen, bis die Dehnbarkeit mit der Schnellkraft der Saite zum Gleichgewicht und die Saite zum Stehen kommt. Die Dehnbarkeit der Saiten von weichem Eisen und Messing ist freilich ein großer Fehler, aber doch erträglicher als die Sprödigkeit der Stahlsaiten, weshalb man bei ersteren geblieben ist. Saiten von Damascenerstahl würden beide Fehler vermeiden. Die vollkommensten Saiten darf man von Fischers Meteorstahl erwarten, welcher nach allen Zeugnissen Zähigkeit und Härte in hohem Grade vereiniget.

§. 18. Saiten von gleichförmiger Dicke und Spannung schwingen doch nicht in einfachen Bogen. Neben der Schwingung der ganzen Saite finden noch andere Schwingungen gewisser Theile statt, welche nach Verhältniß ihrer Länge andere Töne angeben, so daß man oft deutlich zwei höhere Töne mitklingen hört. Die Stellen, welche zwischen den Theilschwingungen liegen und nur an der Schwingung der ganzen Saite Theil nehmen, nennt man Schwingungknoten. Bei gleichförmiger Stärke uud Dichtheit sind es ebendieselben Stellen, wo die Saite durch Anschlagen, Spannen oder Reiben getroffen wird, wonach das Mitklingen von der Art zu spielen abhängig wird. Daher tönt die Harfe am reinsten, wenn der Spieler den Mittelpunkt der Saite anregt, weil dann nur Oktaven mitklingen.

§. 19. Unter den Tonwerkzeugen ist keines so ganz Eigenthum der Physik als die vom Pater Kircher erfundene Windharfe oder Aeolharfe. Das Wesentliche ihrer Einrichtung ist,

Digitized by Google

daß über einen guten Resonanzboden 5 — 6 Darmseiten von gleicher Länge und Stärke in gleicher Entfernung und Spannung aufgezogen werden. Man stellt das Instrument in ein halb geöffnetes Fenster und öffnet gegenüberstehende Thüren oder Fenster, um einen Luftzug zu bewirken, der hier statt des Bogens die Saiten reibt. Bei sanftem Luftstrome spielt die Windharfe bald eintönig, bald in Oktaven, bald in Dreiklängen, mit Abwechselung des Quintenakkordes, des Sextenakkordes und des kleinen Septimenakkordes, jenachdem die Luftwelle bald diesen, bald jenen Punkt der Saite trifft und den Schwingungknoten verlegt. Wenn aber der Luftzug zu stark wird und mehre Schwingknoten entstehen, so erzeugen sie die schreiendsten Dissonanzen. Deshalb muß die Windharfe, wo sie in Lustgärten bleibend vorgerichtet wird, abgestellt werden können, welches allenfalls mit einigen durchgezogenen Strohhalmen zu bewirken ist.

§. 20. Die Windharfe ist mancher Abänderung fähig. Wenn man hinter den gleichgespannten Darmsaiten mit Silberdraht übersponnene aufzieht, so daß der Luftzug die unübersponnenen zuerst berührt, so spielen die übersponnenen bei ähnlicher Spannung einen obligaten Baß in der tiefen Oktave. Außerdem zieht man unter den Darmsaiten Metallsaiten auf, die durch Stege halbirt werden und die höhere Oktave spielen. Die wunderliche Melodie wechselt dann in mehren Chören ab. Von dieser Art ist Kochs doppelte Windharfe. Die 1786 von Gattoni zu Mailand und von Haas in Basel angelegte Riesenharfe oder Wetterharfe bestand aus 15 Eisendrähten von 320 Fuß Länge und 1 — 2 Linen Stärke, welche in 2 Zoll Entfernung im Freien ausgespannt und nach der diatonischen Tonleiter gestimmt waren. Nach den Abwechselungen des Luftzuges gab sie verschiedene Töne und diente zugleich als Wetterzeiger.

§. 21. Gespannten Saiten nicht unähnlich wirken elastische Körper von Nadelform, wenn sie mit einem Ende auf einem Resonanzboden befestigt, am andern, freibeweglichen Ende aber

Digitized by Google

erschüttert werden. Das freie Ende macht seine Schwingungen unter einem spitzen Winkel hin und her, und zwar ohne Theilung und Schwingknoten, also auch ohne Mitklingen eines anderen Tones, in großer Reinheit tönend. Das einfachste Instrument dieser Art ist die Stimmgabel, deren man sich beim Stimmen der Instrumente und beim Gesange zum Festhalten des Tones bedient. Sie ist ganz von Stahl, einer Speisegabel ähnlich in Griff und Klinge getheilt. Man faßt den Griff, schlägt die Spitze irgendwo an und setzt dann den Griff auf einen Resonanzboden auf, wodurch der zuvor unmerkliche Ton, gewöhnlich das eingestrichene a, hell und laut wird. Das Brummeisen ist eine Stimmgabel, deren Ton durch Luftzug abgeändert wird, wie bei der Windharfe, indem der Hauch auf die angeschlagene Zunge trifft.

§. 22. Da solche einseitig befestigte Nadeln nur einseitige oder halbe Schwingungen machen, so geben sie, wenn man sie um die Hälfte verkürzt, nicht die einfache, sondern die doppelte Oktave an, und so alle Mitteltöne in verhältnißmäßiger Länge. Man kann daher einen bedeutenden Umfang von Höhe und Tiefe durch Stifte von nicht sehr verschiedener Länge, mithin bei geringem Umfange des ganzen Werkzeugs herstellen. Dieses gab zuerst Anlaß zur Erfindung der Stahlharmonika, deren Stahlstifte mit dem Bogen gestrichen wurden. Neuerlich bildete sich dieselbe Idee weit vollkommener in der schönen Erfindung der Spieldosen aus, in denen eine durch Uhrwerk umgedrehte Walze mit eingeschlagenen Stiftchen die nach der chromatischen Tonleiter gestimmten metallenen Zungen durch Spannung und Loslassen in Tonschwingung setzt und dadurch mehre Melodieen in vollendeter Reinheit spielt.

§. 23. Elastische Parallelepipeden gerathen, wenn sie frei liegend angeschlagen werden, in Tonschwingung, als wenn viele Saiten parallel neben und durch einander gespannt wären. Hierauf beruht die Wirkung der Stabklaviere von Glas,

Digitized by Google

Porcellan, Alabaster und Holz, deren Stäbe auf mit Tuch bezogenen Stegen ruhen und mit Korkhämmern geschlagen werden. Die Stärke des Tons richtet sich nach der Dichtheit und Elasticität der Stäbe und ist bei den Holzstäben der Strohfiedel gering. Die Höhe des Tones richtet sich nach dem Verhältniß der Länge, Breite und Dicke der Stäbe. Der längere Stab giebt den tieferen Ton, und dieser wird durch Abkürzung beliebig höher gestimmt. Größere Breite macht den Ton auch tiefer und kann daher bei tiefen Tönen die Länge ersetzen. Dagegen wird bei größerer Dicke des Stabes der Ton höher, weil die Spannung der festen Theile dann größer ist, weshalb man zu den höchsten Tönen dickere Glasstäbe wählt.

§. 24. Elastische Blätter, von Pergament z. B., können gleich Saiten in tönende Schwingung gesetzt werden, wenn man sie auf Ringe spannt, wie beim Tambourin der Hindus. Der dumpfe Ton wird durch Resonanz verstärkt, wenn ein elastischer Holkörper statt des Ringes dient, wie z. B. die kupfernen Halbkugeln der Kesselpauken. Die Tiefe des Tones nimmt bei gleicher Spannung mit dem Quadratinhalte der Fläche zu; aber durch stärkere Anspannung der Membran am Ringe wird der Ton höher, wodurch man die größere Pauke auf den Grundton, die kleinere auf die Unterdominante, die Quarte, stimmt.

§. 25. Cylindrische Ringe von elastischem Metall lassen sich zwar durch Anschlagen in Tonschwingung setzen, geben aber einen unsteten und unreinen Ton, weil die Schwingknoten im Kreise umherirren. Wenn dagegen ein solcher Ring zum gleichseitigen Dreieck gebogen und in den Winkeln angeschlagen wird, die nun bleibende Schwingknoten abgeben, so entstehen drei beständige Tonschwingungen, welche im Einklange tönen, wie bei dem stählernen Triangel der Janitscharenmusik. Neuerlich ist dieses Instrument sehr gemeinnützig geworden durch die dreiwinkligen Glockenringe von Glockengut, die man nach dem Beispiel der Nordamerikaner in Dorfkirchen statt der Glocken anwendet.

Digitized by Google

§. 26. Tönende Glocken können als aus vielen Ringen zusammengesetzt betrachtet werden. Das Umherirren der Schwingknoten wird hier durch die Verbindung der Ringe erschwert und dadurch der Ton reiner gehalten, so daß man meistens nur Dreiklänge mitklingen hört. Wesentlich ist es die Glocke so zu gestalten, daß die Ringe ebenso an Dicke abnehmen, wie sie an Größe (Weite) zunehmen, wodurch bewirkt wird, daß alle im Einklange tönen. Am dicksten und engsten ist der Kranzring, wo der Klöppel anschlägt. Die Höhe und Tiefe des Tons entspricht der Größe der Glocke; aber die Stärke des Klanges hängt zugleich von der Weite der Glocke ab, weshalb man Schlagglocken bei gleichem Gewicht mehr Weite giebt als Läutglocken.

§. 27. Glocken von Glas eignen sich außer dem gewöhnlichen Klange durch Anstoßen, den z. B. durch Abschleifen gestimmte Weingläser geben, zu einer ganz eigenthümlichen Tonschwingung. Wenn man den mit Wasser benetzten Rand mit nassem Finger oder Kork reibt, so kann der geriebene Ring unter der Benetzung nicht tönen; aber die zitternde Bewegung der inneren Glocke setzt die eingeschlossene Luft in Schwingung, und diese giebt einen Ton von vollendeter Reinheit, welcher nach Maßgabe des Druckes stufenweise zum Schwellen oder Hinsterben gebracht werden kann. Der große Franklin baute darauf die Erfindung der Harmonika. Gläserne Halbkugeln von stufenweise abnehmendem Durchmesser sind nach der chromatischen Tonleiter abgestimmt und auf einer Welle in einander geschoben, so daß jede etwas hervorsteht, alle aber einen Glockenkegel von 3½ Oktaven bilden. Die Welle wird durch Treten oder Gewicht nach dem Spieler zu umgedreht, welcher die Ringe mit nassem Finger berührt.

§. 28. Röhrenförmige Körper sind an sich wenig geeignet zur Tonschwingung, wol aber zur Abgränzung der eingeschlossenen Luftsäule, die sehr vollkommener Tonschwingungen fähig ist. Hierauf beruht im Allgemeinen die Wirkung der Blasinstrumente.

Digitized by Google

Ist die Masse der Röhre nicht elastisch, so tönt nur die Luftsäule; im anderen Falle verstärkt aber die Röhre den Ton durch Resonanz. Daher tönen Orgelpfeifen von Bleizinn um so heller, je mehr Zinn zugesetzt wird, wodurch die Principalpfeifen ihren Vorzug erhalten, und Pfeifen von Zink geben einen noch helleren Ton. Werden resonirende Röhren am Ausgange trichterförmig erweitert, so verstärken sie den Ton als Schallröhren (XI, 37).

§. 29. Bei Vergleichung der tönenden Luftsäule in Röhren mit schwingenden Saiten zeigt sich der wesentliche Unterschied, daß erstere in ihrer Begrängung nicht nach den Seiten schwingen kann, und daß sie da zu schwingen aufhört, wo man ihr Oeffnung giebt. Vielmehr macht sie ihre Tonschwingungen nach der Länge, oder in der Richtung ihrer Achse hin und her. Diese Längenschwingung ist den Blasinstrumenten eigenthümlich. Demungeachtet beruht aber die Abänderung der Höhe und Tiefe des Tones auf ähnlichen Gesetzen als bei tönenden Saiten, wie folgt.

§. 30. Unter übrigens gleichen Umständen richtet sich die Tiefe des Tones nach der Länge der eingeschlossenen Luftsäule, oder der Röhre. Den tiefsten Orgelton giebt die 32 Fuß lange Pfeife, den höchsten bekannten die $\frac{1}{12}$ Fuß lange. Die mittleren Oktaven geben 16-, 8- und 4füßige Pfeifen. Die einzelnen Pfeifen werden durch Abnehmen von der Länge oder durch Hineinschiebung des Spunds höher gestimmt. Ebenso wird bei der Stimmpfeife der Ton durch Einschieben oder Ausziehen des Stockes höher oder tiefer gestimmt. Die Posaune wird durch Auszüge verlängert oder verkürzt, jenachdem der Ton tiefer oder höher werden soll. Bei der Flöte, Klarinette und andern Blasinstrumenten mit Grifflöchern wird die Luftsäule nur bis zum nächsten offenen Loche in Tonschwingung gesetzt, mithin durch das Greifen beliebig verlängert oder verkürzt. Daneben kann bei Gregors Stimmflöte der Ton jeder Abtheilung, wie bei der Posaune, durch

Digitized by Google

Ausziehen der Stücke vertieft werden, bis er mit dem gleichnamigen der übrigen Instrumente im Einklange steht.

§. 31. Bei gleicher Länge giebt das weitere Rohr, oder die dickere Luftsäule, den tieferen Ton. So unterscheiden sich hauptsächlich in der Weite, welche hier der Dicke der Saite entspricht, die gemeine Querflöte, die Liebeflöte, welche in der tiefen Terz tönt, die Terzflöte, welche eine Terz höher tönt als die gemeine, und die Quartflöte. Den tiefsten Orgelpfeifen giebt man ein zusammengesetztes Verhältniß der Höhe und Weite, wenn die Beschaffenheit des Lokals der Verlängerung zu enge Gränzen setzt.

§. 32. Bei gleicher Länge und Weite geben Blasinstrumente einen desto höheren Ton, je stärker die Luftsäule erschüttert wird, welches hier der Spannung der Saiten entspricht. Daher geben alle, auch Orgelpfeifen, durch stärkeres Blasen einen höheren Ton. Bei den Orgelpfeifen wird die Spannung am wirksamsten dadurch abgeändert, daß man die Röhre oben entweder offen läßt oder verschließt. Im letzteren Falle, bei den gedackten Pfeifen, dringt die eingeblasene Luft meistens durch die Lefzen aus, daher die Luftsäule im Rohre weniger gespannt wird und die tiefere Oktave einer eben so langen und weiten offenen Pfeife angiebt.

§. 33. Die Erschütterung der Luftsäule wird bei den einfachsten Blasinstrumenten dadurch bewirkt, daß man die schon im Munde verdichtete Luft, durch ein trichterförmiges Mundstück noch mehr verdichtet, hinter die Luftsäule schiebt, wie z. B. beim Horn und der Trompete. Hier schwingt immer die ganze Luftsäule, aber um so schneller, tönt folglich um so höher, je stärker sie verdichtet wird. Die Kunst des Spielers besteht darin, den rechten Druck für jeden Ton zu finden. Daher vermag ein fertiger Trompeter auf jedem Zwiebelstängel zu blasen, was er will. Dem ähnlich heult der Wind in desto höheren Tönen, je enger die Luft zwischen Gebäuden zusammengedrängt wird. Daher

Digitized by Google

kommt es auch wol, daß manches Echo den Ton verändert, wie z. B. das des mit Felsen umgebenen Sees bei Rosneath unweit Glasgow den Ton eines Horns um eine Terz tiefer wiedergiebt.

§. 34. In vielen Fällen wird die Erschütterung der Luftsäule durch Schneidung der eingeblasenen Luft bewirkt, indem man sie nöthiget sich an einer scharfen Kante zu theilen, so daß ein Theil derselben einwärts gleitet und an der Grundfläche der Luftsäule hinstreift. Solche Schneidung findet statt bei der gemeinen Pfeife, der Schnabelflöte, im Aufschnitt der Orgelpfeifen, bei der Querflöte u. s. w. Beim Pfeifen mit dem Munde tönt die ausgeblasene Luftsäule, weshalb der Ton versagt, wenn man die hole Hand vorhält; aber die Tonschwingung wird durch Schneidung der Luft an den Vorderzähnen hervorgebracht. Daher verhindern Zahnlücken das Pfeifen, aber gänzliche Zahnlosigkeit befördert es.

§. 35. Eine dritte Art eingeschlossene Luftsäulen zu erschüttern besteht darin, daß man der eingeblasenen Luft einen zungenförmigen, sehr elastischen Körper entgegenstellt, der an einem Ende befestiget, mit dem andern frei schwingen kann. Diese Zunge, ein Blatt von Messing, Elfenbein oder Holz, schwirrt beim Blasen im Mundstück hin und her, erregt eine abwechselnd einseitige Tonschwingung und einen schnarrenden Ton, z. B. bei der Klarinette, dem Oboe, dem Fagott, auch beim Schnarrwerk der Orgel. Merkwürdig ist, daß diese abwechselnd einseitige Schwingung die Spannung der Luftsäule sehr vermindert und einen tieferen Ton erzeugt, so daß eine Schnarrpfeife von 12 Fuß Länge mit einer Pfeife des Flötenwerkes von 16 Fuß Länge im Einklange tönt. Der Schnabel der Gans bildet ein natürliches Schnarrwerk. Die menschliche Stimme wird durch ein ähnliches Schwirren des elastischen Luftröhrendeckels mehr oder weniger schnarrend, weshalb man sie bei der Orgel in höheren Tönen durch Schnarrpfeifen nachahmt.

Digitized by Google

§. 36. Die Verbreitung des Tons durch Luft, Wasser oder Festkörper folgt im Allgemeinen denselben Gesetzen als die des Schalles. Hohe und tiefe Töne verbreiten sich gleich schnell, ohne welches eine Melodie in der Ferne sich verwirren würde. Durch strömende Bewegung der Luft an sich wird der Ton nicht verändert; wol aber ändern verschiedene Luftarten, von denen weiter unten (XVII) gehandelt wird, nach den Versuchen von Chladni und Jaquin den Ton wesentlich ab. Dieselbe Saite tönt im Sauerstoffgas um einen halben Ton tiefer und im kolenstofffauren Gas um einen ganzen Ton tiefer als in atmosphärischer Luft, dagegen im Stickgas um einen Ton höher und im Wasserstoffgas um zehn ganze Töne höher. Die Wärme bewirkt andere Tonveränderungen, wovon an seinem Orte die Rede seyn wird.

XIII. Wärme.

§. 1. Die Wärme wird vom Gemeingefühl als Eindringen eines körperlichen Wesens empfunden, welches überall Leben und Wachsthum erhöht und viele Naturkräfte aufregt. Körperlich erscheint dieses Wesen, insofern es erweislich andere Körper berührt. Man bezeichnet es daher als Körper mit dem Namen Wärmestoff, wiewol es der Wahrnehmung der übrigen Sinne entgeht, auch der Schwerkraft nicht unterworfen ist, so daß seine An- oder Abwesenheit, sein Zutritt oder Abgang vom Gewichte nicht angezeigt wird.

§. 2. Jenachdem die Wärme in verschiedenem Grade empfunden wird, unterscheiden wir Glut, Hitze, Wärme, Lauwärme und Kühle als Abstufungen einer und ebenderselben Einwirkung. Das Mehr oder Weniger derselben bezeichnet man überhaupt mit dem Ausdruck Wärmegrad, Temperatur. Wir können nicht anders schließen, als daß es von der örtlichen Menge und Verdichtung jenes wirkenden Stoffes abhänge, ob ein Raum oder Körper glühend, heiß, warm, lauwarm oder kühl zu nennen sey. Wo

Digitized by Google

jene Wärmegrade im Uebergange abwechseln, unterscheiden wir von der mittleren Temperatur Erhitzung als Zunahme, Abkühlung als Abnahme.

§. 3. Dem Begriff der Wärme setzen wir den der Kälte entgegen, welche als Mangel an Wärme, nicht als Kraftäußerung eines andern Körpers zu betrachten ist. Die Entstehung dieses Mangels durch fortschreitende Abkühlung heißt Erkältung. Das Weniger an Wärme, welches Kühle genannt wird, ist ein Mehr in Vergleichung mit der Kälte, deren Abstufungen der Sprachgebrauch nur durch Beiwörter — empfindlich, streng, grimmig — unterscheidet. Frost ist Kälte mit Beziehung auf den Zustand des Wassers.

§. 4. Die Wärme ist an sich dehnsam und verbreitet sich von dem Punkt aus, wo sie verdichtet angehäuft ist, strahlenförmig nach allen Seiten, was man wol ein Scheinen der Wärme nennt. So wie die Strahlen sich verbreiten, nimmt ihre Dichtheit ab, und so auch die Temperatur. Sie würde vom Verbreitungpunkte aus mit dem Quadrate der Entfernung abnehmen, z. B. bei doppelter Entfernung $\frac{1}{4}$, bei dreifacher $\frac{1}{9}$, bei vierfacher $\frac{1}{16}$ seyn u. s. w., wenn nicht andere Umstände die Ordnung störten, wie z. B. bei flüssigen Körpern die Fortbewegung der erwärmten Theile.

§. 5. Die strahlende Wärme wird durch entgegenstehende Körper, an welche sie körperlich anstößt, aufgehalten und zurückgeworfen, wenigstens zum Theil. Diese Zurückwerfung der Wärme findet an dichten und ebenen Körpern, besonders Metallen, unter einem Winkel statt, welcher dem der Einfalles entspricht, wie bei geworfenen elastischen Körpern. Nah vor einem Feuer empfindet man ein heftiges Anschlagen der Hitze an das Gesicht, welches sogleich aufhört, so wie man man eine Glasscheibe, Blech, Holz oder Pappe vorhält. Wir benutzen diese Zurückwerfung häufig zur Ableitung der Wärme durch Ofenschirme und Feuerschirme, auch zur Verdichtung der Hitze

Digitized by Google

durch Umstellung des Feuers mit Wänden, worauf die Wirkung der Schmelz- und Brennöfen hauptsächlich beruht.

§. 6. Von ausgehölten Wänden werden die Wärmestrahlen, gleich den Schallstrahlen, verdichtet zurückgeworfen, wodurch die Hitze verstärkt werden kann. Am auffallendsten zeigen diese Wirkung zwei parabolische Holspiegel von Metall, die man einander gegenüber stellt. Wird im Brennpunkt des einen ein kleines Kolenfeuer, in dem des andern aber Zündschwamm angebracht, so wird die von den Kolen ausstrahlende Hitze vom nächsten Spiegel parallel zum andern, von diesem aber in seinen Brennpunkt zusammmengeworfen und der Schwamm entzündet, wenn auch Schwamm und Kolen 20 — 30 Fuß von einander abstehen. Die Jesuiten zu Prag stellten diesen Versuch zuerst an, und du Fay beschrieb ihn 1728. Er fand nützliche Anwendung in der paraboliſchen Aushölung der Kaminwände, durch welche die Heizung der Zimmer sehr befördert wird. Auf ähnlichen Gründen beruht die große Wirkung des Reverberirfeuers gewölbter Oefen.

§. 7. Während ein Theil der strahlenden Wärme von andern Körpern aufgefangen und zurückgestoßen wird, durchdringt ein anderer die Zwischenräume derselben. Diese Durchdringung nennt man Wärmeleitung. Alle Körper ohne Ausnahme leiten die Wärme, so daß es kein Mittel giebt die Wärme absolut zu sperren; wol aber wird sie gehemmt und dadurch angehäuft, wenn sie sich rascher entwickelt, als sie durchdringen kann. Die Wärmeleitung findet aber in verschiedenem Grade statt, indem einige Körper geeignet sind sie zu befördern, andere, sie zu erschweren. Erstere werden hier vorzugweise Wärmeleiter, letztere Wärmehalter genannt.

§. 8. Die Wärmeleiter, sonst auch gute Wärmeleiter genannt, sind in der Regel die dichteren Körpern, woraus folgt, daß sie nicht blos leidend, wie Siebe, von der Wärme durchdrungen werden, weil dann die lockeren besser leiten würden.

Digitized by Google

Insbesondere sind Körper von gleichförmiger Dichtigkeit die besten Wärmeleiter, vor allen reine Metalle, nach ihnen Gläser und die dichteren Mineralkörper überhaupt. Selbst die verschiedenen Metalle leiten mit ungleicher Kraft. Ingenhouß, Böckmann und Despretz haben darüber die wichtigsten Versuche angestellt. Nach Letzterem stehen die Metalle als Wärmeleiter in folgender Ordnung: Gold, Silber, Kupfer, Platin, Bronce, Eisen, Stahl, Zinn, Zink, Blei.

§. 9. Die Wärmeleiter werden ungemein nützlich als Material der Oefen zur schnellen Heizung der Zimmer. Hier kommt es darauf an eine Verbrennung in Gefäßen vorzunehmen, um den Rauch abzuleiten, während die erregte Wärme möglichst vollständig die Masse des Behälters durchdringt. Der beste Wärmeleiter, der nicht zu kostbar ist, wird jenen Zweck am besten erfüllen. Daher haben metallene Oefen in der Schnelligkeit der Heitzung den Vorzug vor irdenen, so auch Blechöfen vor gußeisernen. Kupfer eignet sich vor dem Eisen zu kleinen Schnellheizern, z. B. zu den sogenannten Heuschrecken für Gartenzimmer, die ein Bogen Papier heizt. Dagegen hat ein minder kräftiger Wärmeleiter den Vorzug, daß er, mit Wärme geladen, länger fortwirkt, indem er sie langsamer abgiebt, worin Oefen von Lehm alle anderen übertreffen.

§. 10. Gute Wärmeleiter liefern das tauglichste Material zu solchen Kochgeschirren, deren Hauptzweck ist das Sieden zu beschleunigen; denn das den Topf umgebende Feuer wird in gleicher Zeit dem Inhalte desselben um so mehr Wärme abgeben, je besser er leitet, wie auch je dünner er gemacht werden kann und darf. Nach beiden Maßgaben stehen die Geschirrmassen in folgender Rangordnung: Kupfer, Messing, Eisenblech, Gußeisen, Steingut, Topfstein, gebrannter Thon. Zwischen den metallenen und irdenen würden Gefäße von Glas die Mitte halten, wenn sie schnelle Erhitzung und Abkühlung vertrügen. Man verbessert diesen Fehler der Sprödigkeit, wo die Unauflöslichkeit des Glases

Digitized by Google

benutzt werden soll, dadurch, daß man es mit geringen Wärmeleitern umgiebt, wodurch plötzliche Temperaturveränderungen vermieden werden. Solche Umgebung nennt man ein Bad, z. B. ein Sandbad, Wasserbad, Aschenbad.

§. 11. Gefäße von starker Wärmeleitung lassen die Wärme eben so leicht aus als ein und eignen sich daher vorzugweise zu Abkühlunggefäßen. Wenn in der Wirthschaft und Fabriken bezweckt wird heiße Körper schnell erkalten zu lassen, so dienen dazu dünngeschlagene Metallgefäße, die man, wenn sie tragbar sind, auf gute Wärmeleiter stellt oder mit solchen umgiebt. In Laboratorien stellt man die Kühlgefäße auf Marmor- und Eisenplatten. Kaffeetrommeln und Zichorienpauken kühlt man in feuchtem Sande. Beim Baden erfrischen wir uns zunächst durch die Wärmeleitkraft des Wassers.

§. 12. Diejenigen Körper, welche die Wärme nur schwer und langsam durchdringen lassen, werden hier Wärmehalter, sonst auch schlechte Wärmeleiter genannt. Im Allgemeinen sind es die lockeren Körper und die von ungleichförmiger Dichtigkeit. Je mehr die Masse aufgelockert ist, desto mehr innere Wände werfen die Wärmestrahlen zurück und hemmen ihre Verbreitung. Unter allen Wärmehaltern steht die Luft oben an und sie hält um so mehr an, wenn sie durch Verdünnung aufgelockert ist. Selbst Wärmeleiter werden daher zu Wärmehaltern, wenn sie aufgelockert sind, weil ihre Hölen mit Luft erfüllt sind, z. B. Schnee, Sand, Erde und Asche im trocknen Zustande. Einige Körper besitzen eine specifische Wärmehaltkraft, wie z. Oel, Harz, Pflanzenfaser, Thierfaser, Schwefel und Kolenstoff; aber ihre Kraft wird noch höher gesteigert, wenn sie aufgelockert und mit Luft erfüllt sind, wie beim trocknen Holze, dem Kork, der Holzkole, bei Wolle, Seide, Haar und Federn.

§. 13. Gute Wärmehalter werden uns vor allem nützlich als Material zu warmhaltender Kleidung. Tücher, Mäntel, Pelze, Mützen, Handschuhe, Müffe, Fußsäcke und Betten stellen

Digitized by Google

sehr lockere Hüllen dar und bezwecken nicht Verschluß, sollen vielmehr die Ausdünstung durchlassen und nur die trockne Wärme zurückstrahlen, zu welchem doppelten Zwecke Flaum, Haar, Wolle, Watte u. dgl. den Vorzug behaupten. Der Graf v. Rumford suchte die warmhaltende Kraft der Körper in jener Beziehung vergleichend zu schätzen und fand, daß sie nach gleicher Erwärmung der Abkühlung in folgendem Zeitverhältniß widerstanden. Hasenpelz 131, Eiderdunen 130, Bieberhaar 129, rohe Seide 128, Wollenzeug 111, Baumwollenzeug 104, Leinwand 103. Sennebier fand folgendes Verhältniß: Eiderdunen 60, Krimmerpelz 57, Atlaß 53, Flanell 40, Kattun 34, Leinwand 30.

§. 14. In besondern Fällen wird freilich durch dichten Verschluß in Wärmehaltern ein noch wirksamerer Schutz vor Wärmeverlust erlangt, zu welchem Zwecke die Nordpolfahrer sich gefirnißter Taffete, Tücher und Linnen bedienten, von denen man weiß, daß sie beim gewöhnlichen Gebrauche zu stark erhitzen. Die Nordländer reiben zu gleichem Zwecke Gesicht, Hände und Füße mit Talg ein, um bei strenger Kälte lange im Freien ausdauren zu können. Dasselbe Mittel ist mit Nutzen anzuwenden, wenn Bauarbeiter in sehr kaltem Wasser verweilen müssen.

§. 15. Gute Wärmehalter sind vor andern nützlich, um die durch Feuerung bewirkte Wärme in Wohnungen zusammenzuhalten. Die wärmste Wohnung ist eine trockene Lehmhütte mit Strohbedachung. Gebäude von Fachwerk gewinnen in rauher Gebirgluft an Wärme durch Beplankung und Schindeldeckung. In massiven Häusern erzeugt der Vortheil der Festigkeit mancherle Bedürfnisse, um ihnen die Wärmeleitung zu benehmen, als: Auskleidung der Wände mit Holz, Fütterung der Dachung mit Holz, Dielung der Fußböden, Fußteppiche, Tapeten, Doppelthüren und Doppelfenster. Bei letzteren weiset die eingeschlossene Luftschicht die Wärme kräftig zurück, wenn sie auch nur 1 Zoll dick wäre, wie bei Peschels Doppelflügeln.

Digitized by Google

§. 16. Wärmehalter dienen in der Oekonomie zur Aufbewahrung solcher Körper, welche vor Forst gesichert werden müssen. Die Wintersaat steht wolverwahrt unter einer Schneedecke von 1 — 1½ Fuß Höhe. Trockene Erde schützt die Wurzeln. Erdgruben, mit Feld- und Gartenfrüchten angefüllt, werden mit Bretern, trocknem Rasen und Laubhaufen bedeckt, Kellermündungen mit Heu und Stroh verstopft. Treibbeete widerstehen der Kälte unter Matten von Schilf und Stroh. Röhrwasser und junge Bäume umwindet man endlich mit Stroh, Moos, Kuhhaar und geringen Federn. Letztere schützen kräftiger, wenn sie noch fettig oder absichtlich mit Oel benetzt sind.

§. 17. Dieselben Körper, welche vor dem Frost schützen, dienen auch zur Abhaltung der Hitze. Darum versieht man Feuergeräthe mit hölzernen Handgriffen. Die Neger schmieren sich mit Kokosöl, um das heiße Klima besser zu ertragen. In unseren heißesten Sommertagen wird die Butter außer dem Keller in Holzbüchsen, die man mit Flanell oder Betten umhüllt, lange frisch erhalten. Auch Trinkwasser hält sich besser frisch in lockeren Gefäßen von Holz oder gebranntem Thon als in Metall oder Steingut, am besten in Töpfen, die in hölzerne Kästen eingeschlossen sind. In Indien wohnt der Soldat in doppelten Zelten, zwischen denen eine Luftschicht rundum eingeschlossen ist, welche die Glut der Sonne vom Morgen bis zum Abend abhält.

§. 18. Aus gleicher Ursach dienen Wärmehalter zur Erhaltung des Eises. Die Einrichtung der Eisgruben und Eiskeller beruht darauf, daß man alle Mittel anwendet, die geeignet sind Wärmezuleitung zu verhindern. Nach den von Lauràus aufgestellten Grundsätzen sind sie besser über als unter der Erde anzulegen, wenn die Nähe der Gebäude nicht ganz trocknen Boden darbietet. Man wählt die beschattete Nordseite des Hauses. Felsenkeller taugen weniger als in Sand gemauerte. Die beste Umgebung ist ein trockner, nur mäßig dicht geschlagener Thon. Das ganze Gebäude hat doppelte Wände und doppelte Dachung,

Digitized by Google

deren Zwischenraum mit Thon, Asche, Kole oder Holzmehl ausgefüllt wird. Doppelte Thüren mit ähnlicher Fütterung führen vom Dache herein.

§. 19. Vielen neueren Anlagen hat Härlemann's Eiskeller, den Fig. 51 vorstellt, zum Muster gedient. Er steht halb über, und halb unter der Erdoberfläche a b. Die Eisgrube D ist in trocknem Thone kegelförmig ausgemauert und rundum innerlich mit Holzstäben ausgekleidet. Das vom Eise nach und nach abschmelzende Wasser fließt durch ein Loch des hölzernen Bodens nach dem Wasserfange F ab und verzieht sich von da im Erdboden. Eine Decke von Bohlen, mit einer Fallthür versehen, scheidet die Eisgrube von der Mittelkammer G, in welche man durch die Seitenkammern H H gelangt. Die Kammern sind gemeinschaftlich mit Holz bedacht und die Breter mit Birkenrinde bekleidet. Das äußere Dach a c b bildet geschlagener Thon, mit Torf oder Rasen bedeckt. Von der Dachkammer I geht ein hölzernes Rohr aus, durch dessen enge Oeffnung k die durch eindringende Wärme erzeugten Dünste ihren Abzug nehmen.

§. 20. Mit Hülfe kräftigerer Wärmeabhalter kann man auch im Kleinen sehr wirksame Frostbehälter anlegen. Dahin gehören die tragbaren Eiskeller, welche nach Sillimann in den vereinten Staaten von Nordamerika gebräuchlich sind. Sie bestehen aus zwei würfelförmigen Kästen von Holz mit passenden Deckeln, die in einander gestellt werden, so daß rundum, auch oben und unten, zwei Zoll Zwischenraum bleibt, den man mit Kolenpuler füllt. Der innere Kasten, der das Eis enthält, ruht auf vier Pflöcken oder Würfeln von 2 Zoll Höhe. Die ganze Vorrichtung wird im Keller auf ein Lager von Balken gestellt und mit Matten überhängt.

§. 21. Die Raumerfüllung der Masse wird durch die Wärme veränderlich gemacht. Alle Körper werden durch die Wärme um so mehr ausgedehnt, je höher der Wärmegrad steigt, ziehen sich aber um eben so viel wieder zusammen, wenn die Temperatur

Digitized by Google

auf den vorigen Grad zurückkehrt. Davon sind nur solche Körper ausgenommen, welche Feuchtigkeit in sich enthalten; denn diese entzieht ihnen die Wärme, bei welcher Verminderung sie sich im Gegentheil zusammenziehen und schwinden, wie z. B. Holz, Gartenerde und Thon. Letzterer schwindet beim Brennen noch in der Glühhitze. Sind solche Körper aber erst ausgetrocknet, so folgen auch sie der allgemeinen Regel. Die Ausdehnung durch Wärme findet bei allen drei Formen des Körperlichen statt, doch auf verschiedene Weise.

§. 22. Im Allgemeinen werden feste Körper durch die Wärme am wenigsten ausgedehnt, weil die der Ausdehnung widerstrebende Kraft der Verdichtung bei ihnen stärker ist als bei flüssigen und gasigen. Bei lockeren Festkörpern ist die Ausdehnung schon deshalb wenig merklich, weil diese innerhalb ihres Umfanges in den Hölungen Spielraum genug haben. Ungleichartig gemengte Körper widerstehen der Ausdehnung aus anderen Ursachen. Ein Gemenge von Thon und Sand z. B. beharrt selbst im Feuer in seinem Umfange, weil der Thon gleichmäßig schwindet, wie der Sand sich ausdehnt, welches die plastischen Gewerbe wol benutzen.

§. 23. Dagegen werden dichte und gleichförmig dichte Körper mehr ausgedehnt, weil sie nur an der Außenfläche Spielraum haben, vor allen die Metalle, aber auch diese in verschiedenem Grade. Nach Herberts Versuchen dehnen sich Metallstangen vom Frostpunkt bis zum Siedepunkt in folgendem Verhältniß aus: Blei 262, Zinn 212, Silber 189, Messing 172, Kupfer 156, Eisen 107, Gold 94. Das Glas dehnte sich bei denselben Versuchen nur um 86 Hunderttausendtheile der Länge aus. So wie Metallstangen dicker werden, so werden metallene Röhren in der Wärme enger. Darum geben metallene Blasinstrumente einen höheren Ton, wenn sie aus kalter Luft in warme gebracht werden, und einen tieferen im entgegengesetzten Falle, so daß sie in beiden Fällen nicht mehr zu den Holzinstrumenten stimmen.

Digitized by Google

§. 24. Wenn feste Körper durch Wärme ausgedehnt sind und langsam erkalten, so kehren ihre Theile bei ungestörtem Zusammenhange in die vorige Lage zurück; aber bei schnellem Erkalten entsteht ungleiche Spannung der äußeren und inneren Theile und sie werden *spröde* oder *zerspringen*. Daher die Sprödigkeit des Glases, besonders des zu schnell abgekühlten, und das Springen der Wachs- und Talgkerzen. Nur sehr langsames Abkühlen des Glases im Kühlofen und der Wachskerzen in Betten vermindert jenen Fehler. Bei plötzlichem Uebergange von Glut zu Kälte werden auch minder spröde Körper *zu Staub zerrissen*, welches die Kunst oft zum Pulverisiren sehr harter Körper benutzt. So wird Quarz durch Glühen und Ablöschen in kaltem Wasser zur Bereitung des Krystallglases, Feuerstein zur Masse des englischen Steinguts, der Demant selbst zum Demantbord zerkleint.

§. 25. Einige Körper von großer Zähigkeit büßen bei plötzlichem Erkalten die Verschiebbarkeit der Theile ein und gewinnen dafür an Härte, indem sie sich krystallinisch bilden, wie z. B. Stahl, Hartzinn, Letternblei und andere. Das *Härten des Stahles* durch Rothglühen und Ablöschen in kaltem Wasser ist ein krystallinisches Erstarren. Mehr oder weniger hat es immer ungleiche Spannung und Sprödigkeit im Gefolge, welche man dadurch verbessert, daß man den Stahl durch Nachlassen, d. h. durch geringere Erhitzung, um einige Grade der Härte zurückführt. Dieselbe Spannung bewirkt auch, daß sich der Stahl im Härten leicht krumm zieht, wenn er ungleichförmig erhitzt ward und demnach ungleichförmig erkaltet. Man verhütet diesen Fehler gewöhnlich durch Wenden des Stahls im Feuer, bei feinen Stahlarbeiten aber nach *Nicholsons* Methode dadurch, daß man sie nicht an der Luft, sondern in rothglühendem Blei erhitzt.

§. 26. *Flüssige Körper* werden mehr als feste durch die Wärme ausgedehnt. Das Wasser schwillt im Topfe, wenn es heiß wird, und läuft über, wenn er ganz voll war, zu dessen Vermeidung der innere Rand als Maßgabe der Füllung dient.

Digitized by Google

Bei fortgesetzter Erhitzung von unten wird die unterste Wasserschicht durch Ausdehnung specifisch leichter als die oberen, steigt deshalb in die Höhe und erhebt sich an der Oberfläche in Wellen, woraus das Wallen entsteht. Dieses Aufsteigen befördert die Durchwärmung des Flüssigen, die dagegen sehr langsam vorschreitet, wenn die Hitze von oben einwirkt, weil dann die erwärmte Wasserschicht als die leichtere schwimmend bleibt.

Der menschliche Körper wird vermöge des eingeschlossenen Flüssigen sehr stark durch die Wärme ausgedehnt. Daher das Anschwellen der Adern und das Verschwellen der Ringe am Finger, die man doch im Schnee leicht abzieht. Handschuh und Strümpfe werden zu eng in der Hitze. Daher entsteht das Bedürfniß weiterer Kleidung im Sommer.

§. 27. Unter flüssigen Körpern verschiedener Art werden die dichteren weniger durch die Wärme ausgedehnt, z. B. Quecksilber weniger als Wasser, aber Weingeist mehr als Wasser. Nach Dalton dehnen sich vom Frostpunkt bis zum Siedepunkt: Quecksilber um $\frac{1}{54}$, Wasser um $\frac{1}{22}$, fettes Oel um $\frac{1}{12}$, Alkohol um $\frac{1}{9}$. Die Ausdehnung des Weingeistes bewirkt auffallende Veränderungen im Umfange des Weines, Branntweines und Spiritus. Fässer, die man bei mittlerer Wärme füllt, bleiben nicht voll, wenn sie im Winter verfahren werden, wiewol das Gewicht bleibt. Die Schenkwirthe kaufen gern im Winter ein, da sie wol wissen, daß beim Eintritt der Sommerwärme das Flüssige anschwillt und einige Flaschen abgezogen werden müssen, die für Gewinn zu rechnen sind, wie auch daß im Sommer die Branntweinwage mehr Grade anzeigt als im Winter, wenn schon in beiden Fällen der Alkoholgehalt gleich ist. Letzteres macht nöthig, daß man beim Gebrauch solcher Senkwagen auf gleiche Wärme des Flüssigen sehe.

§. 28. Flüssige Körper werden dünnflüssiger, wenn die Wärme sie ausdehnt. Selbst Wasser bildet kleinere Tropfen, wenn es heiß gemacht wird. Dickflüssige und zähe Körper

Digitized by Google

welche bei mittlerer Temperatur sich nicht durchseihen lassen, fließen leicht ab, wenn man sie heiß aufgießt und heiß erhält. Am besten befördert man diesen Zweck durch Manteltrichter, dergleichen Fig. 52 vorstellt. Der eigentliche Trichter a wird von einem Cylinder umgeben, der Zwischenraum b aber mit heißem Wasser gefüllt, welches man in d abzapfen und so erneuern kann. Auf diese Weise befördert man z. B. das Durchseihen der Seifenessenz.

§. 29. Die Luft wird durch die Wärme weit mehr als Flüssiges ausgedehnt, vom Frostpunkt bis zum Siedepunkt um $\frac{1}{3}$ ihres Umfangs. Eine mit wenig Luft zugebundene Blase schwillt in kochendem Wasser hoch auf. Auch der sogenannte Pulshammer macht die Ausdehnung erwärmter Luft anschaulich. Diese Ausdehnung kann als Mittel dienen um die Luft in Gefäßen zu verdünnen. Darauf beruht Kastners Luftverdünnungpumpe, die Fig. 53 darstellt. Die Glocke A steht gesperrt auf dem Teller und hat durch ein Rohr Gemeinschaft mit dem Gefäß B, welches durch die Lampe c erhitzt werden kann. Wird der Hahn d geschlossen, e aber geöffnet, so treibt die Hitze einen Theil der Luft aus B. Wird dann e geschlossen, aber d geöffnet und c weggenommen, so fällt die Luft in B beim Erkalten zusammen und ein Theil der Luft in A zieht nach B herüber u. s. w.

§. 30. Die Luft wird specifisch leichter, so wie die Wärme sie vergrößert. Ein Darm, mit wenig Luft gefüllt, kann über Kolenfeuer zum Aufsteigen gebracht werden. Noch leichter steigt erhitzte Luft, die nichts zu tragen hat, in kälterer empor. Die Heizung der Zimmer bewirkt einen Luftstrom nach oben, der am Ofen gegen ein Fenster hin sichtbar ist, auch leichtbewegliche Körper, z. B. Rauch, Staub, ein kleines Flügelrad oder auf Nadeln schwebende Papierschlangen mit sich fort reißt. Während dieses Aufströmens der heißen Luft senken sich kältere Luftschichten von oben herab und es bildet sich ein Wirbel, der nach und nach alle Luftmassen zu gleichförmiger Temperatur vermischt. Ein ähnlicher Wirbel entsteht an geöffneten Fenstern

Digitized by Google

und Thüren, indem die warme Luft oben ausströmt und die kalte unten eindringt.

§. 31. Geräumige Behälter mit engen Mündungen erzeugen in letzteren ein abwechselndes Aus- oder Einströmen, jenachdem die innere Luft sich bei zunehmender Wärme ausdehnt, oder bei abnehmender zusammenzieht. Darauf beruht die Entstehung der Hölenwinde, ventaroli der Italiener. Die Klüfte des monte Aeolo bei Terni und des monte Testaceo in Rom saugen im Winter Luft ein, wie vorgehaltene Tücher zeigen; im Sommer aber blasen sie Luft aus, die man bei Terni durch Röhren in Säle zur Erfrischung leitet. Sehr tiefe und geräumige Keller, die nur durch eine einzige Oeffnung mit der freien Luft in Verbindung stehen, zeigen dieselbe Erscheinung. Enthalten sie unverderbte Luft, so lassen sie sich auf ähnliche Weise zur Erfrischung der Zimmer benutzen, wenigstens für die heißesten Sommertage, wenn man bis dahin die Leitungröhren sperrt.

§. 32. Auch im Freien bewirkt die örtliche Abwechselung der Temperatur Strömungen, durch welche ganze Luftschichten in Bewegung gerathen, in welchem Falle man sie Winde nennt. An der Nachtseite der Erde verdichtet sich die Luft durch Abkühlung, und die der Tagseite dehnt sich aus, wodurch bei Sonnenaufgang und Untergang Morgen- und Abendwinde entstehen. Weit verbreitete dichte Wolkenzüge verdichten die beschatteten Luftschichten, während andere vom Sonnenschein erwärmt und ausgedehnt werden. Daher sinken erstere herab und letztere steigen, um jener Stelle einzunehmen, wodurch die Wolken fortgeschoben werden. Man unterscheidet daher entgegengesetzte Winde, den fallenden Unterwind, welcher dem Wolkenzuge entgegengeht, und den aufsteigenden Oberwind. Hohe Mauern erzeugen einen ähnlichen doppelten Luftzug. An den Küsten der Sahara bewirkt die ungleiche Erwärmung Unterwind von der See und Oberwind von der Sandwüste.

§. 33. Die mit der Temperatur der Umgebung ab- und zunehmende Ausdehnung der Körper bietet Mittel dar die Ab- und

Digitized by Google

Zunahme der Temperatur deutlicher als durch das Gemeingefühl zu beobachten. Dazu eingerichtete Werkzeuge nennt man Wärmezeiger, Thermoskope, und Wärmemesser, Thermometer. Beide sind darin verschieden, daß ein Wärmezeiger nur den Zweck hat eine gewisse Temperatur anzuzeigen und erkennen zu lassen, ob eine vorgefundene höher oder niedriger sey, welches bei technischen Arbeiten oft schon genug ist. Dagegen verlangt man von einem Wärmemesser die bestimmte Angabe, um wieviel sie höher oder niedriger sey. Beiderlei Werkzeuge sind verschieden, jenachdem die Ausdehnung an Luft, Spiritus, Quecksilber oder festen Metallen beobachtet wird.

§. 34. Das Luftthermometer, so wie es Amontons 1702 verbesserte, stellt Fig. 54 vor. Die Glaskugel A läuft in eine heberförmig umgebogene Röhre abc aus, die oben offen ist. Die Kugel ist zur Hälfte mit Luft gefüllt, die andere Hälfte und ein Theil der Röhre mit Quecksilber. Wenn die Luft sich ausdehnt treibt sie das Quecksilber in die Höhe. Da die Luft sich vom Frostpunkt bis zum Siedepunkt um $\frac{3}{7}$ ihres Raumes ausdehnt, so giebt das sehr große Grade, wenn die Kugel groß genug und die Röhre eng genug ist. Bei der Beobachtung muß der Barometerstand verglichen und die Einwirkung des Luftdruckes berechnet werden, weshalb dieses Werkzeug nur dem Physiker selbst brauchbar ist.

§. 35. Das allererste Luftthermometer, welches Cornelius Drebbel 1630 erfand, stellt Fig. 55 vor. Von der mit Luft gefüllten Kugel A geht die ungebogene, unten offene Röhre bc aus, welche in der Flasche d aufrecht steht. Gefärbtes Wasser füllt einen Theil der Flasche und der Röhre. Da dieses Werkzeug zugleich ein Barometer ist und die Dünste des Wassers bei zunehmender Wärme sich mit der inneren Luft mischen, so ist es zu genauer Wärmemessung unbrauchbar. Dem ungeachtet ist es zu technischen Zwecken als Wärmezeiger nicht zu verachten und empfiehlt sich durch seine Einfachheit. Kommt es darauf an

Digitized by Google

in Fabrikzimmern einen gewissen Wärmegrad festzuhalten, so füllt man das Rohr bei diesem und bemerkt den Stand des Flüssigen bei e mit einem Zeichen, damit der Feuerwärter diesen Stand erhalte.

§. 36. Die Akademie zu Florenz gab 1673 das erste Spiritusthermometer an. Die Glaskugel a Fig. 56 wird mit gefärbtem Spiritus gefüllt, die ansitzende Röhre aber in c zugeschmolzen, wobei die Hitze die Luft austreibt und dem Spiritus die Freiheit giebt sich auszudehnen, so daß er bei zunehmender Wärme im Rohre steigt und höhere Grade zeigt. Reaumurs Thermometer von 1730 war auch ein Spiritusthermometer. Man findet dergleichen noch an alten Barometern; sie sind aber sehr unvollkommene Wärmemesser, weil bei höheren Wärmegraden die Röhre sich mit Weingeistdämpfen füllt, welche der Ausdehnung des Flüssigen widerstehen. Auch verliert der Weingeist mit der Zeit die Fähigkeit sich auszudehnen, indem sich seine Mischung ändert.

§. 37. Im Jahre 1680 schlug Halley vor, die Kugel statt des Weingeistes mit Queckſilber zu füllen, woraus das Queckſilberthermometer entstanden ist. Wenn Kugel und Röhre geblasen sind, wird durch Erhitzung die Luft ausgetrieben und dann die Mündung der Röhre unter Queckſilber getaucht, wobei sich Rohr und Kugel mit Queckſilber füllen. Darauf erhitzt man das Rohr nochmals, bis das Queckſilber oben herausdringt, und schmelzt das Ende schnell zu. Die Röhre muß im Verhältniß zur Kugel sehr eng seyn, damit das Fallen und Steigen des Queckſilbers merklicher werde, wovon die Empfindlichkeit des Werkzeugs abhängt. Die Queckſilberthermometer haben sich als zuverlässig bewährt und sind daher allgemein in Gebrauch gekommen. Ihre Vorzüge bestehen darin, daß gut ausgekochtes Queckſilber sich sehr gleichförmig ausdehnt und bis zu sehr hohen Wärmestufen keine Dämpfe erzeugt, sich auch in diesem Verschlusse nicht verändert. Zwar zeigen alte Queckſilberthermometer höhere Grade als neue, aber wol nur darum, weil die Skalen von Holz sich mit der Zeit verkürzen.

Digitized by Google

§. 38. Noch später entstanden die Metallthermometer, an denen feste Metallstäbe durch ihre Ausdehnung den Grad der Wärme anzeigen. Das erste gab Mortimer 1735 an. Es ist ein Stab von Eisen, der an einem Ende befestiget, sich am andern frei ausdehnen kann. Das freie Ende bewegt den kurzen Arm eines Hebels, dessen langer Arm einen größeren Bogen beschreibt und die Wärmegrade um so deutlicher als Weiser zeigt. Aehnliche Vorrichtungen setzt man in die Wände der Schmelz- und Brennöfen ein, um an der Dehnung des herausstehenden Metallstabes den Grad der inneren Hitze des Ofens zu beobachten, von welchem Gebrauche man solche Werkzeuge Glutmesser oder Pyrometer nennt.

§. 39. Wiewol die Wärme feste Metalle weit weniger als Quecksilber ausdehnt, so sind doch die Metallthermometer in neueren Zeiten zur Beobachtung sehr geringer Wärmegrade angewendet worden, indem man ihnen durch Beihülfe der Mechanik eine große Empfindlichkeit gab. Da man fand, daß Messing bei gleicher Veränderung der Temperatur sich viermal mehr ausdehnt und zusammenzieht als Stahl, so verband man dünne Streifen von beiden Metallen und bewirkte dadurch eine nach der Temperatur abwechselnde Umdrehung des Messingstreifens um den Stahl, welche den Zeiger bewegt. Theilt man diese Bewegung dem Zeiger durch vorgelegtes Räderwerk mit, so wird dadurch die kleinste Veränderung anschaulich, selbst bei sehr geringem Umfange des Werkzeuges, wie z. B. bei den Taschenthermometern in Form einer Taschenuhr, deren sich die Aerzte bei Fieberkranken bedienen.

§. 40. Zu einer genauen Wärmemessung wird erfordert, daß die Thermometer in den angezeigten Graden übereinstimmen. Gleichförmige Weite der Röhre und gleiches Verhältniß der Röhre zur Kugel befördern die Uebereinstimmung der Quecksilberthermometer, sind aber selten zu erlangen. Außerdem bedarf man zweier festen Punkte, deren Zwischenraum in eine bestimmte

Digitized by Google

Anzahl gleicher Theile getheilt wird, woraus die Stufenleiter oder Skale der Thermometer entsteht. Jene beiden festen Punkte wurden verschieden gesetzt, woraus mancherlei Skalen entstanden sind, von denen aber nur drei den Techniker angehen, die Fahrenheitsche, die Reaumursche und die hunderttheilige.

§. 41. Fahrenheit wählte zum ersten festen Punkte den tiefsten Stand des Queckſilbers von dem harten Winter 1709 und bezeichnete ihn mit Null. Dieser Punkt heißt der künſtliche Froſtpunkt, weil man ihn künſtlich hervorbringen kann, wenn man die Thermometerkugel in ein Gemiſch von gleichen Theilen Schnee und Salmiak einſenkt. Als zweiten festen Punkt nahm er den an, bis zu welchem das Queckſilber in offener Röhre ſteigt, wenn es bis zum Sieden erhitzt wird. Den Zwiſchenraum theilte er in 600 gleiche Theile, und dieſe ſind Fahrenheits Grade. Ein Thermometer von dieſer Eintheilung wird daher ein Fahrenheitſches genannt. Die gebräuchlichen ſind aber nicht bis zu 600 Graden, ſondern nur bis zu 230 abgetheilt. In gefrierendem Waſſer zeigt dieſes Thermometer 32 Grade, in ſiedendem Waſſer 212, und bei mittlerer Temperatur 66.

§. 42. Reaumur gab ſeinem Spiritusthermometer eine andere Eintheilung, welche nachher faſt allgemein auf das Queckſilberthermometer übergetragen worden iſt, in welchem Falle dieſes ein Reaumurſches genannt wird. Sein feſter Punkt der Kälte iſt der natürliche Froſtpunkt, bis zu welchem das Queckſilber herabſinkt, wenn man die Kugel in gefrierendes Waſſer oder ſchmelzenden Schnee einſenkt. Sein feſter Punkt der Hitze iſt der Siedepunkt des Waſſers. Der Zwiſchenraum wird in 80 gleiche Theile getheilt, welches Reaumürſche Grade ſind. Daher iſt 0° R. gleich 32° F. und 80° R. = 212° F. Eben ſo große Grade trägt man nach oben und unten zu weiter, ſo weit die Röhre reicht.

§. 43. An vielen Thermometern findet man die Skalen von Reaumur und Fahrenheit neben einander zur Vergleichung

Digitized by Google

angebracht. Wo das nicht der Fall ist, muß man die Grade der einen auf die der andern zurückführen oder reduciren, welches leicht also geschieht. Will man einen gewissen Grad der Fahrenheitschen Skale auf den entsprechenden der Reaumurschen reduciren, so zieht man von der Zahl des Grades 32 ab, multiplicirt den Rest mit 4 und dividirt mit 9. So ist z. B. 66° F. — 32 (34) × 4 (136) : 9 = 15⅑ R. Sucht man im andern Falle zu einem gewissen Grade bei R. den entsprechenden bei F., so multiplicirt man die Zahl des Grades mit 9, dividirt mit 4 und setzt 32 zu. So ist 27° R. × 9 (= 243) : 4 (= 60¾) + 32 = 92¾ F.

§. 44. Die hunderttheilige oder Centesimal-Skale hat dieselben festen Punkte der Hitze und Kälte als die Reaumursche, unterscheidet sich aber darin, daß der Zwischenraum nicht in 80, sondern in 100 gleiche Theile oder Grade getheilt wird. Ursprünglich wurde sie von dem Schweden Celsius angegeben und nach ihm benannt, neuerlich aber in Frankreich eingeführt, daher man sie in den Schriften der Schweden und Franzosen oft angegeben findet. Will man einen gewissen Grad R. hunderttheilig ausdrücken, so muß man die Zahl des Grades mit 10 multipliciren und das Produkt mit 8 dividiren. So ist 60° R. × 10 (600) : 8 = 75° C. Umgekehrt ist 75° C. × 8 (600) : 10 = 60° R.

§. 45. Der technische Gebrauch hat manche Abänderungen in der Einrichtung der Thermometer hervorgebracht, von denen hier zwei anzumerken sind. Wenn man ein Thermometer sammt der Skale, oder besser nur die letztere, in eine oben und unten zugeschmolzene Glasröhre einschließt, so nennt man es ein Badthermometer. Es dient zur Abmessung der vorgeschriebenen Wärme für Bäder, sonst auch bei technischen Arbeiten zum Eintauchen in flüssige Massen. Das Stechthermometer von Regnier ist eine metallene, unten zugespitzte Röhre worin ein gewöhnliches Thermometer eingeschlossen ist. Es dient zu

Digitized by Google

ökonomischem Gebrauch und wird in Erde, Mistbeete oder Getreidehaufen eingestoßen, um ihre innere Wärme zu beobachten.

§. 46. Beim Betriebe der Seidenzucht ist daran gelegen das Höchste und Tiefste zu wissen, wie hoch in einem gewissen Zeitraume das Queckſilber im Thermometer gestiegen und wie tief es gefallen sey. Dazu hat Bellani einen Thermometrographen erfunden, den Fig. 57 vorstellt. Ein zweimal gebogenes Rohr von Glas läuft an beiden Enden in geschlossene Kugeln aus. Die Kugel a und das Röhrenstück bc sind mit Weingeist gefüllt, das Stück cde mit Queckſilber, ef mit Weingeist, die Kugel g aber leer. In c und e sind Körperchen eingeschlossen, welche vom steigenden Queckſilber gehoben werden, beim Fallen desselben aber im Rohre hängen bleiben. Durch Einsenken der Kugel a in schmelzenden Schnee und in siedendes Wasser findet man die festen Punkte der Kälte und Wärme, bemerkt den Stand des Queckſilbers in beiden Fällen und theilt die beiden Zwischenräume in Grade. In höheren Wärmegraden wird das Körperchen e gehoben, bei niedrigen c. Beider Stand zeigt also das stattgefundene höchste Steigen und tiefste Fallen an.

§. 47. Will man beim Betriebe der Brennöfen in Porcellan- und Steingutfabriken erfahren, wie hoch die Glut im Innern gestiegen sey, so dient dazu ein andrer Thermometrograph, Wedgewoods Thonpyrometer. Es beruht auf dem fortgesetzten Schwinden des Thones in steigender Glut. Abgemessene Würfel von getrocknetem Thon (eigentlich Stücke von Pyramiden) werden in den Ofen gelegt, nach dem Herausnehmen aber nachgemessen. Das Messen und Nachmessen geschieht zwischen zwei Metallstäben, welche unter einem Winkel befestiget sind. Je tiefer der Thonkörper eingeschoben werden kann, desto höher war die Glut. Das Maß theilt man in 240 Grade. Die Rothglühhitze des Eisens ist 0° W.

§. 48. Der Wärmestoff wirkt auf das Gefühl und Thermometer nur dann, wenn er frei, nicht aber, wenn er durch

Digitized by Google

Anziehung andrer Stoffe gebunden ist. Von Bindung und Entbindung desselben durch Verwandschaft handlen die folgenden Kapitel. Schon durch Anhaften an Körpern wird er in denselben verlarvt, durch mechanischen Druck aber frei und fühlbar gemacht. Vgl. XVII, 10. So erhitzen sich zusammengeriebene Hände, zwei Stücke trockenes Holz sogar bis zur Verkolung und Entzündung. Glas und Steine erhitzen sich beim Schleifen, Eisen beim Schlagen, Kanonen beim Ausbohren. Alle Metalle erhitzen sich beim Zusammenreiben, am stärksten Blei. Die Wärmeerregung wird nach Morosi desto lebhafter, je größer die Reibfläche, der Druck und die Geschwindigkeit des Reibens ist. Diese Reibhitze gab den Menschen das erste Feuerzeug, das Vestafeuer. Neuere Erfinder haben daran gedacht sie zu Heizmaschinen, Reibkochern u. s. w. anzuwenden, deren Ausbildung der Zukunft vorbehalten bleibt.

XIV. Schmelzung.

§. 1. Die Dehnkraft der Wärme treibt die Theile fester Körper auseinander, bis sie erweichen, den Zusammenhang verlieren und flüssig werden, schmelzen. Der Uebergang aus einer Form in die andre geschieht nach Maßgabe der Wärmeleitkraft bei einigen Körpern gleichzeitig und plötzlich, bei andern stufenweise und von Theil zu Theil fortschreitend. Alle tropfbar flüssige Körper, auch die noch in der Kälte flüssigen, wie Queckſilber, Alkohol u. a., sind als geschmolzene Körper zu betrachten und unterscheiden sich von anderen, z. B. vom Oel und Wasser, nur darin, daß sie vermöge stärkerer Anziehung die Wärme fester halten und länger geschmolzen bleiben.

§. 2. Wenn dagegen ein flüssiger Körper die in sich aufgenommene Wärme wieder entläßt und der Zusammenhang thätiger wird, so kehrt der Zustand der Festigkeit zurück, welches man Erstarren nennt, wenn es plötzlich geschieht, Gestehen, wenn

Digitized by Google

der Uebergang allmählig statt findet, Geliefern, wenn ein elastischer, halbfester Körper entsteht, Gefrieren aber, wenn Kälte erforderlich war. Zuweilen ist die Rückkehr des Zusammenhanges Folge der Wärmeentlassung, in andern Fällen Ursach derselben.

§. 3. Das Schmelzen ist nach obigem Begriff nothwendig mit Ausdehnung verbunden und der geschmolzene Körper nimmt jederzeit einen größeren Raum ein als da er fest war; allein das ist nicht immer in die Augen fallend. Oft scheint das Gegentheil stattzufinden, weil wir die Größe der festen Körper nach dem äußeren Umfange beurtheilen, der sich freilich vermindert, wenn lockere Haufwerke und sehr poröse Körper, wie z. B. Zucker, durch Schmelzung gleichförmige Dichtheit erlangen. Feste Körper von gleichförmiger Dichtheit dehnen sich dagegen merklich aus und zerreißen die Behälter, in denen sie eingeschlossen waren, beim Schmelzen, worauf das Ausschmelzen des Talgs, Specks, Pechs und Schwefels beruht.

§. 4. Das Festwerden flüssiger Körper ist allemal mit Zusammenziehung in einen engeren Raum verbunden; aber diese ist freilich nur dann wahrzunehmen, wenn der erstarrende Körper gleichförmige Dichtheit behält. So füllen z. B. gegossene Bleikugeln unmittelbar nach dem Erstarren die Form schon nicht mehr völlig aus. Seife, Schmalz und Wachs schrumpfen im Gestehen ein. Gegossene Lichter ziehen sich von der Form ab und können, sobald sie völlig erstarrt sind, durch gelinden Druck tiefer in die konische Form hinabgeschoben werden.

§. 5. Wenn dagegen flüssige Körper beim Erstarren ungleichförmige Dichtheit annehmen, so erfolgt eine Ausbreitung des äußeren Umfanges und scheinbare Vergrößerung. Dies ist der Fall beim Gefrieren des Wassers, weil es im Erstarren die eingesogene Luft in Bläschen entwickelt und die aufgelösten erdige Theile von sich stößt. Beide Ausscheidungen bewirken zugleich die auffallende Trübung des Eises. Daher zieht sich Wasser i

Digitized by Google

Glasröhren bei zunehmender Erkältung immer mehr zusammen, bis zum Gefrierpunkte, dehnt sich aber dann plötzlich aus. Daher schwimmt trübes Eis auf dem Wasser. Daher sprengt gefrierendes Wasser enghalsige Flaschen, sogar Bomben, die wasservoll zugepflöckt dem Frost ausgesetzt werden. Ebenso zerklüftet der Frost die Felsen und rollt die gelösten Stücke als Geschiebe bergab.

§. 6. Diejenigen Körper, welche eine starke Neigung zur Kryſtalliſation haben, ziehen sich beim Erstarren wenigstens nicht zusammen, weil die zuerst festwerdenden Theile die Durchmesser bestimmen und der allgemeinen Zusammenziehung entgegenwirken. Daher dehnt sich auch destillirtes und luftleeres Wasser beim Gefrieren etwas. Das durchsichtige Grundeis schwimmt deshalb im Wasser, vornehmlich im Seewasser, und hebt sogar Steine und Eisenwerk mit sich empor. Daher schwimmt festes Gußeisen auf flüssigem. Ebendeshalb sind Gußeisen, Hartzinn, Wismuth und Schwefel vorzüglich als Material zur Gießerei, indem sie sich beim Erstarren nicht von der Form abziehen, vielmehr fest andrücken.

§. 7. Das Schmelzen ist immer mit Wärmeverbrauch verbunden, welcher freilich unter lebhaftem Wärmezufluß nicht bemerkbar ist, außerdem aber Erkältung der nahen Umgebung zur Folge hat. Daher kältet der Schnee, wenn er auf den Kleidern schmilzt, und die naße Kälte des Thauwetters ist den Füßen empfindlicher als trockene. Dieselbe Erkältung bezweckt man beim Genuß des Eises im Sommer und bei Mischung des Weines mit Eis. Zu heiß gewordene geschmolzene Körper kühlt man durch Zusatz von festen; aber bei zu reichlichem Zusatze gesteht das Flüssige.

§. 8. Die Wärme, welche ein Körper zum Schmelzen verbraucht, wird durch seine Anziehung gebunden und unfühlbar gemacht, so lange das Schmelzen dauert. So wird z. B. schmelzender Schnee durchaus nicht wärmer als 0° R. oder 32° F., wenn man ihn auch in sehr warme Luft bringt, auf den Ofen setzt, oder

mit heißem Wasser mischt. Erst nach vollendeter Schmelzung steigt das eingesenkte Thermometer über 0, wenn mehr äußere Wärme zuströmt. Eben darauf beruht die Beständigkeit des natürlichen Frostpunktes. Vgl. XIII, 42.

§. 9. Durch jene Entziehung und Bindung der vorhandnen Wärme wird möglich, daß ein fester und ein flüssiger Körper ihre Form gegenseitig vertauschen, wenn der feste den flüssigen umgiebt oder an Masse übertrifft. Daher kann man Wasser über Feuer zum Gefrieren bringen, wenn man das Wassergefäß in schmelzenden Schnee stellt. Dickflüssige Körper erstarren noch leichter durch solche Vertauschung. Die Kunst benutzt diesen Umstand bei Bereitung des Gefrorenen, indem man süße Obstsäfte und würzige Cremen in gute Wärmeleiter einschließt, diese in gestampftes Eis versenkt und das Eis mit einem Wärmehalter umgiebt.

§. 10. Wenn ein fester Körper sich in einem flüssigen auflöst und dadurch selbst flüssig wird, was man Zergehen nennt, so verbraucht er dazu die freie Wärme, deren der flüssige zum Flüßigbleiben nicht bedarf, wodurch letzterer, wenigstens vorübergehend, erkältet wird. Daher entsteht der kühlende Geschmack des krystallisirten (eishaltigen) Salpeters. Eben darauf beruht die abkühlende Wirkung des Weinsteinrahms, so lange er sich auflöst, und die Erfrischung des Selterwasserweins im Sommer durch gestoßenen Zucker. Glaubersalz erzeugt auffallende Kälte, wenn man es in verdünnter Schwefelsäure auflöst. Wenn man nach Döbereiner in einer Papiertute (die den Zufluß der Wärme von außen hemmt) 1 Theil Zinn, 2 Theile Blei und 3 Theile Wismuth (alle drei feingerieben) mit 16 Theilen Quecksilber (von 15° R. Wärme) durch Umschütteln vermischt, so erkältet sich die Auflösung bis auf 8° unter 0.

§. 11. Noch mehr wird die Umgebung erkältet, wenn zwei feste Körper zusammenkommen, deren einer die vorhandene Wärme zum Flüssigwerden an sich reißt und den andern auflöst. Auf

diese Weise entsteht Fahrenheits künstlicher Frostpunkt (vgl. XIII, 41) durch ein Gemisch von gleichen Gewichttheilen Salmiak und Schnee, oder von 3 Theilen Schnee, 2 Theilen Salpeterkrystallen und 2 Th. Salmiak. Das gemeine Kochsalz thut eine ähnliche Wirkung, weshalb man bei Bereitung des Gefrornen das gestampfte Eis zu salzen pflegt. Wo man fehlerhafte Eisgruben hat, verbessert man wol die Fehler auf Kosten der Herrschaft durch Schichtung des Eises mit Salz. Die größte künstliche Kälte wird hervorgebracht, wenn man vier Theile festen salzsauren Kalk mit drei Theilen gestoßenen Eises in einem hölzernen Gefäße mischt, wodurch 40° Kälte entsteht und Queckſilber zum Gefrieren gebracht wird.

§. 12. Flüssige Körper entlassen die in ihnen gebundene Wärme, wenn sie in den festen Zustand übergehn. Wenn man Wasser in einem Glase mit Oel übergießt, so kann es einer Kälte ausgesetzt werden, bei welcher ein hineingestelltes Thermometer mehre Grade unter 0 sinkt, ohne daß das Wasser gefriert. Wenn man es aber schüttelt, gefriert es sogleich und dann steigt das Thermometer auf 0° R. Auf ähnliche Weise wird die Kälte im Winter gemäßiget, sobald Schnee fällt. Die merkliche Erwärmung der Luft ist dann nicht Ursach, sondern Wirkung des Schneiens.

§. 13. Wenn ein flüssiger Körper von einem festen eingesogen und so stark angezogen wird, daß er mit ihm fest wird, so entsteht mehr oder weniger Erhitzung. Es ist der entgegengesetzte Fall vom Zergehen, daher die entgegengesetzte Wirkung. Aus diesem Grunde erhitzen sich gebrannter Salpeter, gebrannter Borax, zerfallener Alaun und zerfallenes Glaubersalz auf der Zunge, indem sie Wasser zu Krystalleneis binden. Ebendeshalb erhitzt sich gebrannter Kalk, wenn er mit wenig Wasser gelöscht wird. Frisch gebrannter Kalk kommt sogar zum Glühen, wenn man ihn mit kochendem Wasser löscht.

§. 14. Die Schmelzbarkeit ist als eine gemeinsame Beschaffenheit aller festen Körper zu betrachten; denn es giebt keinen, der

Digitized by Google

nicht durch hinreichend erhöhte Glut zum Fluß gebracht werden könnte. Wenn daher einige Körper unschmelzbar oder feuerfest genannt werden, so gilt das nur beziehungweise, und im Allgemeinen nennt man diejenigen Körper so, welche bei den gewöhnlichen Hitzegraden der Schmelzöfen noch fest bleiben. Dahin gehören der Diamant, die Kole, Reißblei, Stabeisen, Platin, Nickel, Knochenasche, Porcellanthon und reiner Kalk. Diese Körper sind technisch ungemein wichtig als Materialien zu Schmelzgefäßen, um andere Körper, von denen sie nicht aufgelöst werden, darin zu schmelzen.

§. 15. Aus gleichartigen Theilen bestehende Körper schmelzen bei einembestimmten Grade der Hitze, welcher bei Körpern derselben Art immer derselbe ist und daher als Kennzeichen der Art gelten kann. Wenigstens dient diese specifische Schmelzbarkeit wol dazu, daß man den Grad der Reinheit eines Körpers danach beurtheile. Außerdem findet sie technische Anwendung als Glutzeiger oder Wärmezeiger, indem man bei technischen Arbeiten Körper von bekannter Schmelzbarkeit daneben stellt, um an ihrem Schmelzen oder Nichtschmelzen den erreichten Grad wahrzunehmen.

§. 16. Die Kenntniß folgender specifischen Schmelzgrade ist vor andern technisch anwendbar. Eis schmelzt bei 32° F. (0 R.), Provenceröl bei 38 F. (6 R.), Butter bei 75 F. (20 R.), Schweinschmalz bei 95 F. (28 R.), Rindtalg bei 105 F. (33 R.), Wachs bei 140 F. (48 R.), Pech bei 160 F. (57 R.), Schwefel bei 240 F. (90 R.), Zinn bei 420 F., Wismuth bei 460 F., Blei bei 540 F., Zink bei 700 F., Antimon bei 810 F., Messing bei 1300° C., Kupfer bei 1608° C. (27° W.), Silber bei 1653 C. (28 W.) Gold bei 1835 C. (32 W.), Glas bei 2760° C., Gußeisen bei 4783 C. (130 W.), Stabeisen bei 7577° C, Platin bei 8124° C.

§. 17. Diejenigen Körper, welche eine hohe Glut zum Schmelzen verlangen, nennt man schwerflüssig oder strengflüssig.

Digitized by Google

Im Allgemeinen braucht man diesen Ausdruck für solche Körper, welche in der Rothglühhitze des Eisens, d. h. bei 0° W., 264° R. oder 1077° F., noch nicht schmelzen, wie z. B. Kupfer, Silber, Gold u. s. w.

§. 18. Dagegen nennt man diejenigen Körper leichtflüssig, welche schon unter der Rothglühhitze des Eisens oder bei geringen Hitzegraden zum Flusse kommen, als z. B. Antimon, Zink, Blei, Wismuth, Zinn u. s. w. Die Leichtflüssigkeit wird nicht selten zur Abscheidung leichtflüssiger Körper von schwerflüssigen technisch benutzt, welches man Saigerschmelzen nennt. So scheidet man in den Saigerhütten das Silberblei durch gemäßigtes Feuer vom Kupfer, sonst aber Wismuth und Spießglanz aus ihren Erzen.

§. 19. Wenn man ungleichartige Körper, die einzeln schon leichtflüssig sind, mit einander vermischt, so werden sie noch leichtflüssiger, wenn nämlich auflösende Verwandschaft unter ihnen statt findet, so daß sie in einander zergehen. Auf diese Art entstehen die leichtflüssigsten Metallgemische, deren sich die Kunst zum Schnellloth der Glaser und Klempner bedient, auch zum Gießen der Modelle in Thonformen, um diese nachher in Sand abzudrücken. Dahin gehört das Rosesche Metallgemisch aus zwei Theilen Wismuth, einem Theil Zinn und einem Theil Blei, welches schon im kochenden Wasser flüssig wird. Dem ähnlich ist Darcets Metallgemisch aus 8 Theilen Wismuth, 5 Th. Blei und 3 Th. Zinn. Minder leichtflüssige entstehen aus 2 Th. Zinn, 1 Th. Wismuth und 1 Th. Blei, oder aus 3 Th. Blei, 2 Th. Zinn und 1 Th. Wismuth.

§. 20. In der Regel werden schwerflüssige Körper leichter geschmolzen, wenn man ihnen leichtflüssige beimischt, und das Gemisch erhält dann eine mittlere Schmelzbarkeit, welche nach dem Mischungverhältniß ab- und zunimmt. So steht z. B. der Schmelzgrad des Messings zwischen denen des Kupfers und des Zinks, und je länger es im Flusse steht, desto schwerflüssiger

Digitized by Google

wird es durch Verminderung des verfliegenden Zinks. Das Glas wird desto leichtflüssiger, je mehr Laugensalz zugesetzt wird. Die Metallarbeiter ändern die zum Löthen bestimmten Metallgemische durch Vermehrung oder Verminderung des schwerflüssigen Theiles ab, jenachdem sie ein hartes oder weiches Loth brauchen.

§. 21. Schwerflüssige Körper werden noch leichter zum Schmelzen gebracht, wenn man sie mit vielem Leichtflüssigen umgiebt, in welchem sie dann zergehen, wie Salz im Wasser. Eine Silbermünze, die zuvor erhitzt ward, schmelzt in geschmolzenem Blei, rothglühendes Eisen in geschmolzenem Schwefel. Diese Mitschmelzung findet freilich nur dann Statt, wenn beide Körper einander auflösen. Die auffallendste Wirkung der Art ist, daß Blattgold und Blattsilber im Queckſilber schon bei der gewöhnlichen Temperatur schmelzen.

§. 22. Von der wahren Mitschmelzung ist die scheinbare, die Teigschmelzung zu unterscheiden. Sie entsteht dann, wenn Schwerflüssiges von Leichtflüssigem umhüllt wird, in dem es sich nicht auflöst. Ist ersteres feinzertheilt, so nimmt das Gemenge doch halbflüssige Form an und stellt ziemlich gleichartige Massen dar, dergleichen die Kunst zu mancherlei Zwecken bereitet. Beispiele sind: schwarzes Wachs, Siegellack, Chokolade, Schwefelreißblei, Feuerkitt aus Pech, Kalk und Ziegelmehl u. s. w. Die Laven der Vulkane entstehen auf ähnliche Weise durch Vermischung vulkanischer Aschen mit geschmolzenem Schwefel, nicht durch wahre Schmelzung.

§. 23. Zuweilen werden schwerflüssige Körper durch andere schwerflüssige Körper leichtflüssig, wenn beide chemische Anziehung haben. So schmelzt z. B. ein Gemisch von Kupfer und Silber leichter als beide. Daher dient Pagamentsilber dem Silberarbeiter zum Lothe, so wie Goldsilber dem Goldarbeiter. Daher ist der Stahl schmelzbar, wiewol Eisen und Kohle es nicht sind. Aus demselben Grunde sind viele Steinarten leichtflüssig, deren Bestandtheile einzeln unschmelzbar sind.

Digitized by Google

§. 24. Manche Salze befördern das Schmelzen schwerflüssiger Körper, indem sie zersetzt werden und ausgeschiedene Theile derselben auflösend wirken. So befördern Borax und Harnsalz das Schmelzen der Metalle und dienen deshalb zu Löthpulvern. Andere das Fließen beschleunigende Zusätze bei Schmelzarbeiten nennt man Flüsse. Dahin gehören: der weiße Fluß, aus gleichen Theilen Salpeter und Weinstein, die man zuvor verpuffen läßt; der graue Fluß, aus gleichen Theilen Salpeter und Weinstein ohne Verpuffung; der schwarze Fluß, aus 8 Theilen Weinstein und 1 Theil Salpeter; die Chrysokolla der Alten, aus Grünspan, mit Harn abgeraucht. Zu gleichem Gebrauche hat man bei Schmelzhüttenarbeiten im Großen Zuschläge, z. B. Flußspath, Gyps, Holzasche, Mistasche u. s. w. Oft dient eine Erzart als Zuschlag für die andere.

§. 25. Flüsse, die vermöge ihrer Zusammensetzung heftiges Feuer, mithin augenblickliche Glut erregen, befördern das Schmelzen schwerflüssiger Körper auf doppelte Weise, als Feuerung und als Fluß. Von dieser Art ist Baumés Schnellfluß aus 2 Theilen Sägspähnen, 2 Th. Schwefel und 4 Th. Salpeter. Wenn man mit dem Gemenge eine halbe Nußschale füllt, eine Silbermünze hineinsteckt, das Pulver über der Münze fest andrückt und dann abbrennen läßt, so schmilzt die Münze noch vor dem Anbrennen der Nußschale. Der vorerwähnte graue Fluß hat eine ähnliche Wirkung.

§. 26. In sehr kleinen Massen werden schwerflüssige Körper schon bei geringen Hitzegraden geschmolzen; denn je kleiner die Masse ist, desto größer ist im Verhältniß zu derselben die Außenfläche, durch welche die Hitze gleichzeitig einwirkt. Daher schmelzen Glasfäden schon in der Flamme eines Lichts in Kügelchen zusammen, und feiner Eisendraht verbrennt darin. Die Probirkunst benutzt jenen Vortheil, nur kleine Mengen bearbeitend und nach verjüngtem Gewicht berechnend.

§. 27. Ein sehr kleines Feuer reicht hin, kleine Massen zum Flusse zu bringen, wenn die Spitze der Flamme, in welcher sich

Digitized by Google

die Hitze des Feuerstroms zusammendrängt, auf jene gerichtet wird. Darauf beruht der Gebrauch des gemeinen Löthrohrs, welches Fig. 58 darstellt. Es wird von Kupfer, Argentan oder Silber gemacht und besteht aus drei Stücken, dem trichterförmigen Mundstück a b, dem kugel- oder walzenförmigen Mittelstück c und der möglichst verengten Spitze d. Man bedient sich dabei am besten einer Talglampe. Den zu schmelzenden Körper legt man in eine ausgehölte Kole. Durch a bläst man Luft ein, welches ununterbrochen geschehen muß, richtet die Spitze d auf die Spitze der Flamme und treibt diese dadurch auf die Kole.

§. 28. Da das gemeine Löthrohr viel Uebung und eine starke Brust erfordert, so hat man zu chemischem und technischem Gebrauch eine Vorrichtung damit verbunden, um die Flamme durch einen Blasbalg mit atmosphärischer Luft zu treiben, woraus der Blastisch entstanden ist. Das Rohr ist in der Tischplatte befestiget und empfängt den Luftstrom von einem unter dem Tische angebrachten doppelten Blasbalge, den man durch Treten bewegt. Auf diese Weise behält man beide Hände frei, der Luftstrom geht ganz unterbrochen fort und wirkt mehr auf die Flamme als die aus dem Munde geblasene feuchte und halb verderbte Luft.

§. 29. Noch bequemer beim Gebrauche selbst ist das hydrostatische Löthrohr, eine Anwendung der Wasserpresse auf das Löthrohr. Die in einem Gefäße eingeschlossene Luft wird durch den Druck einer Wassersäule zusammengedrückt, wie in der unteren Kammer des Heronbrunnens, und durch ein oben angesetztes Blasrohr ausgestoßen, sobald man den Hahn desselben öffnet. Man hat dabei den Vortheil auch die Füße frei zu behalten. Die Dauer des Luftstroms hängt von der Größe der Luft- und Wasserbehälter ab. Wo die Lokalverhältnisse erlauben die Behälter ansehnlich zu vergrößern, mag die Anwendung dieser Vorrichtung zu technischen Zwecken wol Vortheil gewähren.

§. 30. Andere Erfindungen bezwecken die Wirkung des Löthrohrs noch höher zu steigern, sind aber mehr für Chemiker als

Digitized by Google

zu technischem Gebrauch geeignet. Dahin gehören: das Sauerstoffgaslöthrohr und Newmanns Knallgasgebläse. Beide bestehen im Wesentlichen aus einem Schlauch von Leder oder Blase mit einem angesetzten möglichst verengerten und schließbaren Blasrohr. Der Schlauch wird beim ersten mit Sauerstoffgas, beim andern mit einem Gemisch von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas gefüllt. Durch Zusammendrücken des Schlauches leitet man den Gasstrom auf die Flammenspitze. Beide verstärken die Hitze ungemein, und vor dem Knallgasgebläse schmelzen die allerstrengflüssigsten Körper.

§. 31. Weit mehr empfiehlt sich zu technischem Gebrauche Piktets Spiritusgebläse, welches Fig. 59 darstellt. Der Lampenkasten a b trägt den Stab b c, und an diesem hängt über der Spiritusflamme g der kleine Kessel d, von welchem das gekrümmte Blasrohr e f nach der Schmelzlampe herabgeht. In den Kessel gießt man etwas Spiritus, welcher durch die Lampe g zum Kochen gebracht, bei f in Dämpfen ausströmt und die Spiritusflamme der Schmelzlampe h ungemein vergrößert auf den Schmelzpunkt wirft. Glasröhren erweichen an der Flammenspitze in wenigen Sekunden, daß man sie biegen, ausziehen und zuschmelzen kann. Ein Kupferstück schmelzt vor der Flamme, wenn man es auf eine Kole legt und mit einer Kole bedeckt. Dieses Gebläse ist zu allerlei Löthungen bequem und verbindet mit seiner Wirksamkeit den Vorzug, daß es wenig Raum einnimmt.

§. 32. Aus dem, was §. 19, 20, 21, 23 und 25 von der vermehrten Schmelzbarkeit der Gemische gesagt worden, darf man nicht folgern, daß überhaupt alle Körper durch Zusammensetzung mit andern leichtflüssiger würden; denn es giebt viele Erfahrungen vom Gegentheile. Substanzen, welche an sich die Wärme so stark anziehen, daß sie gar nicht oder sehr schwer fest darzustellen sind, vermögen doch leichtflüssige Körper schwerflüssig zu machen. So verwandlen Ammonium, Salpetersäure, Salzsäure und Schwefelsäure das Queckfilber in einen festen Körper.

Digitized by Google

Leichtflüssige Metalle, wie Zinn, Wismuth, Blei, Zink, Antimon und die Metalloide, werden durch Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft schwerflüssig. Es hängt von chemischen Anziehungen ab, welche Schmelzbarkeit Zusammensetzungen erhalten.

XV. Dampfbildung.

§. 1. Wenn die Wärme einen Körper so stark ausdehnt, daß er den Zusammenhang der Tropfbarkeit verliert und Luftgestalt annimmt, die er so lange beibehält, als die Wärme ihm bleibt, so nennt man ihn in diesem Zustande Dampf, die Formveränderung aber Dampfbildung, Verdampfung, Verflüchtigung.

§. 2. Insofern man einem Körper die Fähigkeit zuschreibt durch Einwirkung der Wärme in Dampf verwandelt zu werden, wird er flüchtig, volatil genannt, weil er sich dabei erhebt und zerstreut, verfliegt.

§. 3. Körper, die nicht in Dampf verwandelt werden können, werden feuerbeständig, fix genannt. Absolut feuerbeständig dürfte wol kein Körper seyn, jeder vielmehr bei genugsam erhöhter Glut verflüchtiget werden; allein man gebraucht diesen Ausdruck meistens in Beziehung auf gewisse Hitzegrade, welche durch die gewöhnlichen Mittel hervorgebracht werden, und nur in solcher Beziehung heißen Platin, Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Nickel, Blei, Zinn, Kiesel, Thon, Kalk, Kali, Natron, Phosphorsäure, Kole u. s. w. feuerbeständig.

§. 4. Die flüchtigen Körper besitzen, wenn sie unvermischt sind, eine specifische Flüchtigkeit, d. h. jeder von ihnen bedarf eines gewissen, ihm eigenthümlichen Hitzegrades, um in Dampf überzugehen. Die nur bei höheren Graden verfliegen, werden schwerflüchtig genannt. Dahin gehören Quecksilber, Zink, Spiesglasmetall, Wismuth, Arsenik, Zinnober, Salmiak, Sublimat, Schwefelsäure, Indig, fette Oele u. a.

Digitized by Google

§. 5. Dagegen werden diejenigen Körper, welche schon bei geringen Hitzegraden verdampfen, leichtflüchtig genannt. Dahin gehören Salpeteräther, Blausäure, Schwefeläther, Schwefelkarbon, Weingeist, Wasser, brandige Oele, ätherische Oele, Kampher, Ammonium, Essigsäure, Salpetersäure, Salzsäure, Jodin, Phosphor, Schwefel u. s. w. Die Ursach ihrer größeren Flüchtigkeit ist, daß sie die Wärme stärker anziehen.

§. 6. An sich flüchtige Körper werden schwerflüchtig, wenn sie mit feuerbeständigen verbunden sind, zu denen sie stärkere chemische Anziehung besitzen als zum Wärmestoff. In geringer Menge eingemischt, legen sie wol ihre Flüchtigkeit ganz ab und werden durch die Anziehung der umhüllenden Masse feuerbeständig gemacht oder figirt, wie z. B. Arsenik durch Nickel, Zink durch Kupfer, Schwefel durch Eisen, Phosphor durch Eisen.

§. 7. An sich schwerflüchtige oder feuerbeständige Körper können durch flüchtige, von denen sie stark angezogen werden, im Dampfe mit fortgeführt werden, welches man Mitverflüchtigung nennt. So wird feinzertheilte Kole im Rauch entführt, Eisen durch Salzsäure, Kiesel durch Flußsäure. Alle Metalle werden durch Salmiak verflüchtiget, viele auch durch Schwefel und durch Wasserstoffgas, auf welche Weise die metallischen Schwaden enstehen.

§. 8. Wenn flüchtige und feuerbeständige Körper vermischt sind, die einander minder stark anziehen als der flüchtige die Wärme, können sie durch Erhitzung von einander geschieden werden, so daß der flüchtige entweicht und der feuerbeständige zurückbleibt. Ist das Gemisch ein fester Körper, so nennt man jene Trennung Rösten, Kalciniren. Eine vollkommene und vollständige Trennung findet dabei selten statt, sondern ein Rest des Flüchtigen bleibt figirt zurück und ein Theil des Feuerbeständigen wird mitverflüchtiget. Daher wächst z. B. beim Rösten der Silbererze das Silber zum Theil haarförmig aus.

Digitized by Google

§. 9. Wird auf ähnliche Weise die flüssige Verbindung eines flüchtigen und eines feuerbeständigen Körpers durch Hitze getrennt, so nennt man das Abdampfen, Evaporiren, auch wol Abrauchen, wenn starke Hitze dazu erfordert wird. Auch hierbei hält der letzte Rest des flüchtigen ungemein fest am Feuerbeständigen, wie z. B. beim Pottascheſieden, Zuckerſieden, Salpeterſieden u. ſ. w. Dagegen reißt das Flüchtige auch Theile des Feuerbeſtändigen mit ſich fort. Wenn man z. B. Salzwaſſer in einem Arzneiglaſe über dem Ofen abdampft, überzieht ſich die ganze Außenfläche des Glaſes mit einer Salzrinde.

§. 10. Wenn kalte Körper den Dampf berühren, ſo tritt er ihnen die Wärme ab, die ihn luftförmig ausdehnte, und kehrt zu ſeiner vorigen feſten oder flüſſigen Form zurück. Dieſe Dampfzerſetzung durch Kälte erzeugt eine Menge von Erſcheinungen, die nur in Formveränderung beſtehen, als z. B. das Anlaufen und Gefrieren der Fenſter, das Anlaufen kalter Gefäße in warmen Zimmern, das Bereifen der Dächer und Mauern, das Anlegen des Rußes in den Eſſen und des Ofenbruchs in Schmelzöfen. Die Erzgänge der Gebirge wurden auf ähnliche Weiſe durch erkaltende metalliſche Schwaden mit Erzen angefüllt.

§. 11. Wenn die Dampfzerſetzung durch Erkalten in verſchloſſenen Gefäßen ſtatt findet, die nur mit Dampf erfüllt waren, ſo entſteht ein luftleerer Raum, während der größte Theil der Dämpfe ſich anlegt. Darauf beruht Wilkens Luftpumpe, welche durch Erkalten heißer Waſſerdämpfe luftleeren Raum erzeugt. Payen hat dieſes Mittel angewendet um Reals Waſſerpreſſe noch wirkſamer zu machen. Wenn das Gefäß c Fig. 60 mit dem auszuziehenden loſen Körper gefüllt und das Rohr ab aufgeſetzt iſt, bläſt man durch den Hahn d heißen Waſſerdampf ein, ſchließt den Hahn und füllt dann erſt das Rohr mit kaltem Waſſer, welches nun den Dampf vernichtet und mit um ſo größerer Gewalt wirkt.

Digitized by Google

§. 12. Die Kunst benutzt jene Dampfzersetzung in Gefäßen zur Absonderung flüchtiger Körper von feuerbeständigen, wenn erstere gewonnen werden sollen. Ist der flüchtige Körper ein fester, so nennt man die Trennung Auftreiben, Sublimation. Im Kleinen bedient man sich dazu gläserner Kolben, langhalsiger Kugelgefäße, die im Sandbade erhitzt werden. Der verflüchtigte Körper, das Sublimat, legt sich entweder schon im Halse, oder in aufgestürzten Helmen und Aludeln an, deren man mehre, wie Fig. 61 zeigt, auf einander setzt, um Sublimate von verschiedener Flüchtigkeit gesondert aufzufangen. Im Großen dienen zu gleichem Behufe Sublimirtöpfe mit Hauben, z. B. zum Auftreiben des Salmiaks.

§. 13. Ist der flüchtige Körper ein flüssiger, so wird dessen Gewinnung durch Dampfzersetzung in Gefäßen Abziehen, Destillation genannt. Dazu dienen im Kleinen Retorten, Kolben mit krummen Hälsen. An den Hals a (Fig. 62) setzt man den Vorstoß b, welcher in die Vorlage c hinabreicht. Letztere kühlt man mit Wasser oder Schnee, um die übergehenden Dämpfe desto schneller zu zersetzen. Mehre Destillate abzusondern, gebraucht man Mittelflaschen. Im Großen dienen zur Destillation kupferne Blasen, Helme und Kühlgeräthe, z. B. beim Branntweinbrennen.

§. 14. Nicht selten werden durch die Destillation flüchtige Körper von flüchtigen, aber schwerflüchtigeren abgesondert, indem man die Hitze soweit mäßiget, daß sie nur das flüchtigere verdampft. Auch wird zu demselben Behufe nur ein gewisser Theil abgezogen, soviel die Erfahrung räthlich macht. Desgleichen sucht man das, was zurückbleiben soll, durch Zusätze zu fixiren. So setzt man z. B. beim Abziehen des Branntweines in Schottland etwas Seife zu, um das Wasser festzuhalten. Unsere Brenner gebrauchen Asche und Salz, um Säure, Fusel und Wasser zu binden.

§. 15. Bei der Dampfbildung aus Flüssigem unterscheiden wir drei Grade der Verdampfung, welche unter gleichen

Digitized by Google

Umständen wieder entstehen und fortdauren, die stille Verdampfung, das Singen und das eigentliche Sieden. Jeder dieser Grade zeigt Umstände an, welche auf die Erreichung gewisser technischen Zwecke einen bestimmten Einfluß haben, weshalb ihre Beachtung technisch wichtig ist. Wir betrachten sie zunächst am Wasser.

§. 16. Wenn man Wasser in offenen Gefäßen bis auf 60° R. erhitzt, so wird das XIII, 26 bemerkte Wallen und Treiben der Oberfläche merklich. Von jeder aufsteigenden Welle reißen sich Dämpfe los, und die Masse des Flüssigen vermindert sich nach Verhältniß der Oberfläche, aber ohne alles Geräusch. Diese stille Verdampfung geht gleichförmig vor sich, wenn die Hitze nicht höher steigt, kann also, wo man sie nöthig hat, durch abgemessenes Nachlegen der Feuerung erhalten werden.

§. 17. Wenn dagegen der Zufluß der Hitze stärker wird und die Temperatur des Wassers über 70° R. steigt, so entstehen am Boden des Gefäßes Dampfbläschen, deren Losreißen in metallenen Gefäßen ein helles Tönen, das sogenannte Singen, in großen Töpfen aber ein dumpfes Brummen erzeugt. Die Oberfläche treibt dabei stärker und schlägt hörbar an die Wände, wirft aber keine Blasen aus; denn die unten entstandenen verschwinden im Aufsteigen wieder. Die Menge des Flüssigen, welche dabei verdampft, kann in Vergleichung mit der stillen Verdampfung auf das Dreifache geschätzt werden. Durch Wegnahme oder Verrücken der Feuerung kann auch dieser Grad erhalten werden.

§. 18. Wenn endlich bei überwiegendem Zufluß die Hitze des Wassers auf 80° R. steigt, und zwar im ganzen Inhalt des Gefäßes, so hört das Singen auf; aber die ganze Masse des Flüssigen hebt sich, schäumend von großen Blasen, und kocht auf. Dieses eigentliche Sieden dauert, wenn es einmal begonnen, auch bei etwas verminderter Hitze noch fort bis auf 75° R., wenigstens stellenweise. Bei raschem Sieden verdampft in gleicher Zeit wol das Zehnfache von dem, was die stille Verdampfung entführt.

Digitized by Google

§. 19. In offenen Gefäßen steigt die Hitze des siedenden Wassers nicht über 80° R., sondern wenn ihr Zufluß vermehrt wird, so geht das Sieden nur rascher und allgemeiner vor sich. Auf dieser Erfahrung beruht die Stetigkeit des Siedepunkts, welche zur Einrichtung der Thermometer benutzt wird. Die Künste benutzen diese Stetigkeit in vielen Fällen zur Bearbeitung solcher Körper, welche in einer höheren Temperatur zerstört werden würden. Insbesondere gründet sich darauf die Anwendnng des Wasserbades. Vgl. XIII, 10.

§. 20. Auch andere flüssige Körper haben einen bestimmten Siedepunkt in offenen Gefäßen, der ihrer Art eigen ist und nicht überschritten werden kann. Im Allgemeinen gilt die Regel, daß lockere Flüssige leichter sieden als dichtere; doch steht der Siedepunkt der einzelnen nicht in beständigem Verhältniß mit ihrer Dichtigkeit. Nach übereinstimmenden Versuchen siedet Schwefelnaphtha bei 105° F., Schwefelkarbon bei 116, Alkohol bei 176, Spiritus bei 182, Wasser bei 212, Kuhmilch bei 215, Seewasser bei 218, kalt bereitete Aschenlauge bei 240, Scheidewasser bei 242, Terpentinöl bei 314, Vitriolöl bei 540, Leinöl bei 580, Quecksilber bei 600.

§. 21. Das Sieden der fetten Oele besteht nicht blos in Verdampfuug, sondern ist theilweise mit Entmischung verbunden, wobei jedoch ihr Siedepunkt unveränderlich bleibt. Dieser ist in der neueren Technik wichtig geworden, weil er Mittel darbietet gewisse Körper einer hohen und gleichmäßigen Temperatur auszusetzen, indem man sie statt des Wasserbades mit einem Oelbad umgiebt. Wilson hat ein solches in den Zuckersiedereien angewendet, um den schon dick eingekochten Zuckersaft noch stärker abzurauchen, ohne ihn zu verbrennen. Man umgiebt den Zuckerkessel mit einem weiteren von Gußeisen, der als Mantel zollweit absteht. In einem andern danebenstehenden Kessel wird Thran, Schmeer, Leinöl, Rüböl, Hanföl oder Talg zum Sieden gebracht,

Digitized by Google

das steigende Oel durch ein Rohr nach dem Mantel geleitet, in welchem es seine Hitze abgiebt und dann unten abläuft.

§. 22. Wenn §. 19 der Siedepunkt des Wassers in offenen Gefäßen unveränderlich genannt wurde, so gilt doch das nur bei mittlerem Luftdrucke; denn ein verminderter Luftdruck beschleuniget das Sieden. Daher siedet Wasser unter der Glocke der Luftpumpe schon weit unter 80° R. Vgl. X, 32. Ebenso bemerkt man, daß das Wasser in offenen Gefäßen bei niedrigem Barometerstande, besonders bei stürmischer Witterung, leichter siedet. So auch auf hohen Bergen. Le Monnier fand, daß auf dem Gipfel des Canigou, wo das Barometer 8 Zoll niedriger stand als unten in Perpignan, das Wasser schon bei 72° R., also bei 8 Grad unter 80, zum Sieden kam.

§. 23. In verschlossenen Gefäßen kann das Wasser, unter dem Drucke des Festen siedend, weit über 80° R. erhitzt werden, wodurch seine auflösende Kraft ungemein verstärkt wird. Darauf beruht die Wirkung des Papintopfes, erfunden von Dionysius Papin 1680. Ein ausgedrehter Cylinder von Kupfer mit luftdicht einschließendem Deckel wird zu $\frac{1}{3}$ mit Wasser gefüllt und zwischen Eisenstäben verschraubt, dann aber vor dem Gebläse zum Glühen gebracht. Holz, Leder, Horn, Knochen, Elfenbein und dgl. werden darin binnen einer Stunde zu Gallert aufgelöst. Die Gefahr des Zerspringens macht freilich den technischen Gebrauch dieses Topfs bedenklich, wie noch neuerlich z. B. Naldi zu Paris dabei das Leben verlor.

§. 24. Jene Gefahr zu vermeiden, wenigstens zu vermindern, hat man den Papintopf mit Ventilen versehen, welche die Gewalt der eingeschlossenen Dämpfe nur auf einen gewissen Grad steigen, dann aber sich entladen lassen. Die einfachste, auch technisch anwendbare Vorrichtung der Art ist der Fig. 63 vorgestellte Druckfiedekessel. Der eingefalzte Deckel bc schließt den Kessel A luftdicht. Ein Centnergewicht d drückt den Deckel an und schließt ihn wieder, wenn er durch ausbrechende Dämpfe

Digitized by Google

gelüftet ward. Diese Vorrichtung ist schon wirksam genug Knochenmehl aufzulösen.

§. 25. In vielen Fällen verlangt man bei technischen Arbeiten nur eine Hitze, welche 80° R. wenig übersteigt. In solchen ist Hermbstädts Drucksiedekessel mit dem Dampfrohr zu empfehlen, den Fig. 64 darstellt. Der kupferne Kessel A schließt dicht an den eingesetzten kupfernen Deckel bc, dessen Wölbung bei d ein kegelförmig verengtes Rohr trägt. Das Rohr erhebt sich zwei Fuß hoch und geht einen halben Fuß wieder herab. Diese Vorrichtung ist völlig gefahrlos und gewährt nebenbei den Vortheil, daß man nach Maßgabe des ausströmenden Dampfes das Feuer verstärken oder mäßigen kann.

§. 26. So wie die auflösende Kraft des Wassers gesteigert wird, wenn es unter hohem Drucke siedet, so wird sie im Gegentheile geschwächt, wenn verminderter Luftdruck das Sieden beschleuniget. Daher muß man auf hohen Bergen Fleisch und Gemüse länger kochen, um sie gehörig zu erweichen, als unten im Thale nöthig wäre, wie das z. B. im Hospitium des St. Gotthards die tägliche Erfahrung bestätiget. Bei ähnlichen technischen Arbeiten hat der veränderliche Luftdruck schon Einfluß, weshalb der Barometerstand verglichen und bei niedrigem mehr Zeit gegeben, oder in geschlossenen Gefäßen gesotten wird.

§. 27. In dem Maße, als die Dampfbildung Wärme verbraucht, wird diese der Umgebung entzogen und Abkühlung erzeugt, welche die Kunst in vielen Fällen benutzt. Heißgewordne Bohrer und Hämmer kühlt man durch Ablöschen in Wasser, d. h. durch Verdampfung. Durch nasse Umschläge kühlt man Blasenhelme und Vorlagen, auch die Hitze der Hirnentzündungen. Die Kühlapparate der Branntweinbrennerei wirken auf ähnliche Weise. Auch beruht darauf die ungarische Weinkühlung durch Feuer. Man gräbt die Flaschen in lockere und feuchte Erde ein und zündet über derselben ein Feuer an, welches die Feuchtigkeit der Erde verdampft, wozu der Wein seine Wärme beisteuert.

Digitized by Google

§. 28. Häufig wird die Dampfbildung zur Abhaltung der Hitze gebraucht, weil der Wärmeverbrauch die Wärmeleitung aufhebt. So erfaßt man in der Küche heiße Töpfe mit naſſen Lappen. Der Bäcker näßt Wiſche und Krücken, damit ſie nicht verbrennen. Bei Feuerbrünſten rettet man ſich durch die Flammen mit naſſen Ueberwürfen. Die fabelhaft übertriebene Kraft des Salamanders dem Feuer zu widerſtehen, vermöge deren er wenigſtens über ein kleines Kolenfeuer unverletzt läuft, beruht nur auf Verdampfung der Feuchtigkeit ſeiner Hautgefäße. Selbſt der Menſch erträgt kurze Zeit hohe Hitzegrade, indem der Schweiß ihre Einwirkung mildert.

§. 29. Wenn Dampf durch kalte Körper zerſetzt wird, ſo werden dieſe dagegen erwärmt, theilen auch, wenn ſie Wärmeleiter ſind, die Wärme der Umgebung mit. Auf dieſer Dampfzerſetzung beruht die Heizung hauptſächlich. Die Hitze, welche durch Verbrennung entbunden wird, wirkt nur zum kleinſten Theile frei und unmittelbar auf den nächſten Wärmeleiter, den Ofenkaſten. Weit mehr wird zum Dampfbildung verwendet, und Dämpfe ſind die eigentlichen Wärmeträger, durch welche die Züge erhitzt werden, indem die verdampften Stoffe ſich, wie bei der Sublimation und Deſtillation anlegen, wovon die Wirkſamkeit des Heizens vorzüglich abhängt.

§. 30. Bei der gewöhnlichen Heizung entſtehen außer den Dämpfen auch Gaſe, durch welche viel Wärme verloren geht. Wenn man aber die Einrichtung trifft, daß die durch Feuer entbundene Wärme möglichſt vollſtändig zu Dampf, und namentlich zu Waſſerdampf verwendet wird, der ſie ganz wieder abzugeben willig iſt, ſo nennt man das vorzugweiſe Dampfheizung. Die erſte Erfindung derſelben machte Triewald 1724 zu Edinburg, indem er Treibbeete durch Waſſerdämpfe, die in durchlöcherten Röhren cirkulirten, zugleich wärmte und befeuchtete. Späterhin wurde ſie in Treibhäuſern, 1798 aber von Snodgraß zur Heizung großer Fabrikgebäude angewendet. In Wien

Digitized by Google

hat man sie seit 1800 noch mehr ausgebildet und zur Heizung der Wohngebäude eingerichtet.

§. 81. Wenn heiße Dämpfe durch kaltes Flüssiges zersetzt werden, so wird dessen Temperatur bald bis zur Siedehitze erhöht. Hierauf beruht das Dampfsieden, dessen technische Anwendung wir dem Grafen v. Rumford verdanken. Es gewährt den wichtigen Vortheil, daß große flüssige Massen, in nicht feuerfesten Gefäßen, und zwar in vielen zugleich, durch ein schwaches Feuer zum Sieden gebracht werden. Eine kleine Blase entwickelt den nöthigen Wasserdampf. Verzweigte Röhren leiten ihn nach hölzernen Kufen, in welchen sie senkrecht bis zum Boden hinabgehen, wie Fig. 65 zeigt. Die aus den Röhren strömenden Dampfblasen zersetzen sich im Flüssigen, wie beim Singen §. 17, und ersetzen den Abgang, welchen die Verdampfung erzeugt.

§. 82. Wenn sehr heiße Dämpfe feuchte Körper berühren, treten sie leicht soviel Wärme ab, als nöthig ist die feuchten Körper auszutrocknen. Auch minder heiße Dämpfe bewirken dasselbe, wenn sie ihre Wärme mittelbar durch Leiter an feuchte Körper abgeben. Eine Anwendung davon ist Hermbstädts Dampfbad zum Austrocknen zerquetscher Oelsamen, welches Fig. 66 darstellt. Der Kessel abc ist mit einem durchlöcherten Deckel ac geschlossen, in welchem Kapseln von Blech ddd hängen. Die Dämpfe des in b kochenden Wasser trocknen den Inhalt der Kapseln aus.

§. 83. Wenn Wasserdämpfe durch poröse Körper zersetzt werden, so dringen sie schneller in deren Zwischenräume und äußern eine stärkere auflösende Kraft als siedendes Wasser, worauf die Vortheile des Kochens in Dampf beruhen. Pohls Dampfkocher Fig. 67 unterscheidet sich von andern Kochgefäßen darin, daß in einer Erhöhung über dem Boden ein Sieb ruht, welches die Speise trägt und von den Dämpfen des darunter kochenden Wassers durchdrungen wird. In Branntweinbrennereien kocht man die Kartoffeln in Fässern, zu denen ein Rohr von der Blase aus Dampf führt. Aehnliche Vorrichtungen sind Rommershausens

Digitized by Google

Dampfpresse zur Kaffeebereitung und Chaptals Dampfbleiche mit flüchtigem Laugensalz.

§. 34. Eigentlich ist das Weichkochen der Speisen selbst dann eine Auflösung durch Dämpfe zu nennen, wenn sie in gewöhnlichem Geschirr zubereitet werden. Das sie umgebende siedende Wasser ist mehr als Bad zur Erhaltung des Siedepunktes nützlich, aber seine auflösende Kraft wirkt eher nachtheilig, indem es die nährenden Theile auszieht und vermindert. Dagegen wird dasjenige Wasser, welches die Speisen schon in sich halten oder einsaugen, in ihnen selbst zu Dampf, welcher die Theile des Körpers auseinander treibt, auflockert und auflöst. Daher entsteht das Quellen des Fleisches, der Hülsenfrüchte und Wurzeln beim Kochen. Deshalb werden getrocknete Speisen, z. B. Stockfisch, gebacknes Obst u. dgl. am besten zubereitet, wenn man sie zuvor in kaltem Wasser einweicht.

§. 35. Elastische Körper des Thier- und Pflanzenreichs verlieren ihre Elasticität durch Erweichung in Dämpfen und eignen sich dann zu beliebiger Gestaltung, worauf manche technische Bereitungen beruhen, als die des gesottenen Holzes und des gepreßten Hornes, vornehmlich aber das Dekatiren der wollenen Tücher. Die Vorrichtung dazu stellt Fig. 68 dar. Die holgestellte Eisenplatte ab wird durch Kolen erhitzt. Auf ihr liegt das zusammengefaltete Tuch in einer Hülle von durchnäßtem Sacklinnen cd. Die Preßplatte ef drückt den Tuchballen zusammen und die Luft aus. Sobald die heiße Platte das Wasser im Linnen verdampft, löst man die Schrauben der Presse und erzeugt dadurch in dem aufstehenden Tuch einen Raum, den Wasserdämpfe füllen. Die krausen Wollfasern erweichen darin und strecken sich parallel aus, in welcher Lage sie bei neuem Anziehen der Presse erstarren und dadurch jenen beliebten Schimmer bekommen.

§. 36. Der Raum, welchen Dämpfe einnehmen, ist nach der besonderen Natur des Flüssigen, aus dem sie entstehen, verschieden, wenn auch die Menge des Flüssigen gleich war und dasselbe seinen

Digitized by Google

eigenthümlichen Siedepunkt erreicht hatte. So giebt z. B. nach Tretgold 1 Maßtheil Wasser (bei 212° F.) 1711 Maßth. Dampf, 1 Maßth. Alkohol (bei 175°) 476 Maßth. Dampf, 1 Maßth. Schwefelkarbon (bei 116°) 440 Maßth. Dampf, 1 Maßth. Schwefeläther (bei 140°) 220 Maßth. Dampf, und 1 Maßth. Terpentinöl (bei 314°) 193 Maßth. Dampf. Demnach liefert das Wasser unter den flüchtigen Körpern bei weiten die größte Menge Dampf. Uebrigens werden alle Dämpfe durch zunehmende Hitze immer weiter ausgedehnt.

§. 37. Wird eingeschlossenen Dämpfen Ausgang dargeboten, so strömen sie mit desto größerer Gewalt aus, je minderen Widerstand ihre Elasticität vom Luftdruck erleidet. Wenn man eine Dampfkugel (Aeolipila) d. i. eine kupferne Holkugel mit sehr verengter Mündung, wie Fig. 69, zum Theil mit Wasser füllt und über Kolen erhitzt, so entsteht an der Spitze ein heftiges Blasen mit Geräusch. Setzt man statt der Kugel ein metallenes Kochgefäß, welches auf einem Zapfen leicht umgedreht werden kann, wie Fig. 70, und oben einige nach derselben Seite umgebogene Ausgangröhren bb hat, so entsteht Hollenbergs Dampfdreher, der sich im Kochen schnell umdreht, indem der ausströmende Dampf vom Gegendrucke der Luft zurückgestoßen wird. An Siedepfannen kann er als Siedemesser angebracht werden.

§. 38. Läßt man im Heronballe statt gepreßter Luft heißen Wasserdampf auf die Wasserfläche drücken, so entsteht ein Dampfspringbrunnen, Fig. 71. Das Gefäß abcd ist durch die Scheidewand ef in zwei Kammern getheilt, welche durch Röhren in Verbindung stehen. In der unteren kocht Wasser über einer Lampe, die obere ist aber ein Heronball. Die Natur bildet auf ähnliche Weise Sprudel- und Springquellen, deren Wasser oft 12 — 20 Fuß hoch getrieben wird. Der Geiserquell auf Island treibt den heißen Strahl zuweilen auf 60 Fuß, ja sogar auf 90 Fuß Höhe. Dergleichen Quellen springen nicht immerfort sondern setzen aus, wenn der Druck der unterirdischen Dämpfe nachläßt.

Digitized by Google

§. 89. Wenn die Elasticität heißer Dämpfe gebraucht wird, um einen Kolben innerhalb eines Cylinders fortzustoßen und dadurch eine Maschine zu bewegen, so hat man eine Dampfmaschine. Die erste Idee von Worchester bildeten Savery, Newcomen, Watt, Boulton u. A. immer mehr aus. Das Wesentlichste der Watt-Boultonschen stellt Fig. 72 dar. Der Cylinder A steht über dem Dampfkessel B, in welchem Wasser kocht. Der Kolben e ist mit der Kolbenstange e f leicht beweglich wiewol letztere in der Oeffnung des Deckels luftdicht anschließt. Der Cylinder steht mit dem Dampfkessel durch zwei Röhren in Verbindung, deren eine in c unter den Kolben, die andere in b über den Kolben führt. Außerdem hat der Cylinder noch zwei Ausgangröhren in a und d. Alle vier Röhren können durch Hähne oder Klappen geschlossen werden. Oeffnen sich a und c, so treibt der heiße Dampf aus B den Kolben in die Höhe und die obere Luft aus. Werden dann a und c geschlossen und dafür b und d geöffnet, so treibt der Dampf durch b den Kolben herab, den erkaltenden Dampf unter dem Kolben aber durch d aus. Abwechselndes Oeffnen und Schließen erzeugt so ein gleichförmiges Kolbenspiel.

§. 40. Die Gewalt, welche eine Dampfmaschine ausübt, steht in Verhältniß mit der Menge des gleichzeitig entwickelten Wasserdampfs, mit der Hitze desselben und mit dem Flächeninhalte des Kolbens, also mit der Weite des Cylinders und der Größe der ganzen Vorrichtung. Sie kann bis zum Ungeheuren gesteigert werden. Die größten aller Dampfmaschinen, welche in den Gruben von Cornwallis arbeiten, tragen eine Last von 500,000 Pfund. Die Kraft einer gegebenen Dampfmaschine auszudrücken, vergleicht man sie entweder mit der Kraft des Pferdes (Moment: 22,916 Pf.) oder mit dem Drucke der Atmosphäre (14,6 Pf.) und nennt sie demnach eine Maschine von so und soviel Pferdekräften oder Atmosphären.

§. 41. Durch das Auf- und Niedergehen des Kolbens lehrt die Mechanik alle Arten von Maschinen bewegen, wodurch

Digitized by Google

in der neueren Technik eine große Umwälzung bewirkt wurde. Zuerst gebrauchte man die Dampfmaschine zur Gewältigung des Wassers in Bergwerken, später zur Betreibung der Pumpen in Brauereien. Man erbaute Dampfmühlen, deren eine Paris mit Mehl versorgt. Man treibt Spinnmaschinen und Hammerwerke mit Dampf. Auch läßt er sich zu allerlei Kunstzwecken anwenden, wo nur geringe Kraft erforderlich ist. In Paris sieht man hinter dem Fenster eines Chokoladefabrikanten eine elegante Dampfmaschine von polirtem Messing aufgestellt, welche die Kraft eines Mannes hat und mit einer Stahlwalze auf einer Porphyrplatte den Chokoladeteig hin und her treibt. Feuerarbeiter treiben ihre Blasbälge durch Dampf und Gärtnern schöpft er Wasser zum Begießen. Einem Fleischer zu London hackt seine Dampfmaschine das Fleisch zu den Würsten und füllt es dann in Därme.

§. 42. Der Anwendbarkeit der Dampfmaschine ist in neueren Zeiten ein noch größeres Feld eröffnet worden, da man Mittel fand sie als eine sich selbst im Wasser fortbewegende Maschine einzurichten, woraus die Dampfschiffahrt entstand. Patrik Miller versuchte zuerst 1786 Böte mit Rädern statt der Ruder durch Dampf zu bewegen und brachte mehre Dampfböte zu Stande, welche 7 englische Meilen in der Stunde zurücklegten. Später führte der Amerikaner Foulton seit 1790 dieselbe Idee mehr im Großen und mit solchem Glücke aus, daß seine Dampfschiffe täglich 155 englische Meilen stromaufwärts fuhren. Schon befährt man den Ocean mit Dampfschiffen, und sie werden für den Handel noch wichtiger, seit man die Einrichtung getroffen Transportschiffe durch Dampfschiffe zu bugsiren.

§. 43. Auch für den Transport zu Lande hat man neuerlich ähnliche sich selbst bewegende Dampfmaschinen, oder Dampfwagen erfunden. Durch mehre Cylinder werden gezahnte Räder umgedreht, welche mit ihren Zähnen in passende Eisenbahnen eingreifen und dadurch den Wagen, worauf die Maschine steht, fortbewegen. Der Dampfwagen wird gleichsam als Pferd gebraucht

Digitized by Google

und zieht zwei oder drei angehängte Lastwagen hinter sich her. Ein solcher, in der Eisengießerei zu Berlin erbaut, dient in Oberschlesien zum Transport der Steinkolen von der Grube nach Hüttenwerken. Er verbraucht täglich 1½ Berliner Scheffel Steinkolen und zieht 50 Centner in der Minute 50 Schritt weit. Größere, die man in England braucht, ziehen 1500 Centner.

§. 44. So wie der Dampf einen Kolben treibt, vermag er auch die Ladung eines Laufs fortzustoßen. Der Gebrauch des Schießpulvers und der Feuergewehre beruht zum Theil auf der Gewalt von plötzlich entwickelten Dämpfen. Neuerlich hat Perkins mit Erfolg versucht die Elasticität des Wasserdampfs zu Dampfgeschütz anzuwenden. Er konstruirte eine Dampfflinte, welche in der Minute 400 Bleikugeln abschoß, und zwar mit solcher Gewalt, daß sie sich an einer hundert Fuß entfernt aufgestellten Eisenplatte breit drückten. Nachher baute Derselbe eine vierpfündige Dampfkanone, welche mit der zehnfachen Geschwindigkeit einer gewöhnlichen abfeuert, wobei 1 Pfund Steinkolen dieselbe Wirkung hervorbringt als sonst vier Pfund Schießpulver.

§. 45. Die Gewalt eingeschlossener Dämpfe bei steigender Hitze kennt keine Gränzen und vermag endlich jeden Verschluß zu sprengen. Wirkungen der Art im Kleinen sind das Platzen des feuchten Holzes im Feuer, das Dekrepitiren des Kochsalzes und eishaltiger Steinarten. Die Kunst benutzt diese Gewalt der Dämpfe beim Feuersetzen und Pflocksprengen. Oft bringt eingeschlossene Feuchtigkeit bei Feuerarbeiten Gefahr und Schaden, zerstört die Formen der Metallgießer, verursacht das Aufstehen des Gestübbes in Schmelzöfen. Die Natur zeigt uns in den Erdbeben ungeheure Wirkungen eingeschlossener Dämpfe, welche weitverbreitete Gebirglager aufheben und rütteln, bis sie zerreißen und die Dämpfe Ausgang gewinnen. Aehnliche Naturkräfte hoben nach und nach das feste Land gewölbt aus dem Ocean empor.

Digitized by Google

XVI. Verdunstung.

§. 1. Unter gewissen Umständen nehmen flüchtige Körper Luftgestalt an und verschwinden, ohne daß Einwirkung freier Wärme dazu erforderlich wäre. Den unsichtbar gewordnen Körper nennt man Dunst und diese Veränderung der Form Verdunstung. Das allgemeinste Merkmal ist Verminderung des Gewichts an dem flüchtigen Körper. So bemerken wir, daß Flüssiges in offenen Gefäßen selbst in der Kälte sich verzehrt, z. B. Wasser, Alkohol, Naphtha, Steinöl, Terpentinöl und die aromatischen Oele.

§. 2. Nicht blos flüssige, sondern auch feste Körper verdunsten, indem sie geradezu aus der festen Form zur gasigen übergehen und die Flüssigkeit überspringen, wodurch sich die Verdunstung wesentlich von der Verdampfung unterscheidet. So vermindert sich z. B. Eis auf der Wage selbst bei großer Kälte, ohne zuvor zu schmelzen. Ja: Wasser, mit einer Eisrinde bedeckt, verdunstet sogar nach Wallerius schneller als ohne dieselbe, wie denn auch die Erfahrung lehrt, daß ausgehängte Wäsche beim Gefrieren oft schneller trocknet als im Sommer. Ebenso verdunsten Kampher, kolensaures Ammonium, Phosphor, Moschus, Bibergeil und Asafötida nach und nach, und alle trockenen Gewürze verlieren durch ähnliche Zerstreuung ihre Kraft.

§. 3. Die Verdunstung findet nur an der Oberfläche statt. Einzelne Theile lösen sich von ihr ab und werden unsichtbar, ohne daß eine Bewegung im Innern wahrzunehmen wäre. Aeusserlich kann eine solche allerdings sichtbar werden, wenn man die Oberfläche stellenweise mit einem leichtbeweglichen Körper bedeckt, der dann von den sich losreißenden Theilen hin und hergetrieben wird. Ein solches Spielen der Oberfläche entsteht z. B., wenn man eine mit Oel benetzte Feder in Wasser taucht, vermöge der sich ablösenden Oeltröpfchen. Die Regenbogenhaut über Stahlwassern, auf Kalkwasser und an Seifenblasen zeigt dasselbe Spiel. Ist

Digitized by Google

der bedeckende Körper selbst der Verdunstung fähig, so wird die Bewegung um so lebhafter, z. B. wenn Kampher, Terpentinöl oder ein Arom dazu genommen wird.

§. 4. Bei gänzlicher Bedeckung, z. B. des Wassers mit Oel, hört jene Bewegung ganz auf, und somit auch die Verminderung. Vielmehr findet die Verdunstung nur da statt, wo die Oberfläche von der Luft berührt wird, und die Menge des entstehenden Dunstes hängt nicht von der Menge des flüchtigen Körpers, nur von der Größe der Fläche ab, in welcher ihn die Luft berührt. Daraus wird schon ersehen, daß die Luft auf den verdunstenden Körper einwirke wie die Wärme auf den verdampfenden. Da wir aber den verdunsteten Körper in dieser Luft wiederfinden, so folgern wir mit Recht, daß der Verdunstung eine Auflösung flüchtiger Stoffe in Luft zum Grunde liege.

§. 5. Die Produkte jener Auflösung, die Dünste, sind so verschiedener Natur als die verdunstenden Körper selbst, worauf wir im achtzehnten Kapitel zurückkommen. Hier betrachten wir den allverbreiteten Wasserdunst, den Einige lieber Wassergas nennen, um der im Sprachgebrauch gewöhnlichen Verwechselung mit Wasserdampf vorzubeugen; indessen hat er nur einige, nicht alle Merkmale der Gasarten und es dürfte daher besser seyn den Sprachgebrauch zu berichtigen.

§. 6. Der Wasserdunst ist, so lange er besteht, nicht blos in Gefäßen, sondern auch im Freien vollkommen unsichtbar. Dadurch unterscheidet er sich deutlich vom Wasserdampf, der in Gefäßen unsichtbar seyn kann, beim Zutritt der Luft aber sichtbar wird. Vgl. X, 32. Der Hauch des Mundes zeigt diesen Unterschied augenfällig. Er verläßt den Mund als unsichtbarer Dampf, wird als Nebel sichtbar, verschwindet aber dann wieder als Dunst. Ebenso verdunstet der Frühnebel über Flüssen bei Aufgang der Sonne. Aus derselben Ursach verschwindet der Rauch über der Esse größtentheils. Die Atmosphäre enthält daher oft eine Menge Wasserdunst, ohne dadurch ihre Durchsichtigkeit zu verlieren;

Digitized by Google

vielmehr besitzt sie zwischen den Wendekreisen, wo sie am allermeisten davon enthält, die größte Klarheit.

§. 7. Der Wasserdunst wird durch das Gefühl nicht von reiner Luft unterschieden, erscheint uns vielmehr als ganz trocken. Unter der Linie ist die Luft immerfort mit Wasserdunst erfüllt und spricht dennoch das Gefühl als völlig trocken an, selbst auf der Fläche des Meers bei Tage. Die scheinbare Trockenheit der Luft ist daher kein Zeichen von Mangel an Wassergehalt, im Gegentheile oft von Vermehrung desselben.

§. 8. Die Elasticität der Luft wird durch Auflösung des Wassers nicht vermindert, vielleicht sogar vermehrt, wie die schnellere Schallverbreitung in tropischen Gegenden vermuthen läßt. Vgl. XI, 14.

§. 9. Durch Erkältung allein wird der Wasserdunst eben so wenig zersetzt als die Luft an sich. Er kann vielmehr bei sehr verschiedenen Temperaturen entstehen und bestehen, was die Verdunstung des Eises außer Zweifel setzt. Daher entsteht auch die Möglichkeit, daß Wasserdünste in großen Höhen sich erhalten können. Dagegen wird der Wasserdunst oft ohne merkliche Erkältung zersetzt, wenn andre Ursachen die auflösende Anziehung zwischen Luft und Wasser aufheben.

§. 10. Die Verdunstung geht nicht ohne Maß fort, wie die Verdampfung bei stetem Wärmezufluß, sondern hat gewisse Gränzen, wo sie stehen bleibt, wenn die umgebende Luft genug in sich aufgenommen, den Punkt der Sättigung erreicht hat. Die Menge des Wassers, welche sie auflösen kann, schätzt Sauſſure auf zwölf Gran für den Kubikfuß Luft, bei mittlerer Wärme. Wenn Dalton 1¼ Loth Wasser für die Siedehitze als Maximum annimmt, so betrifft das wol eine Mischung von Dunst und Dampf.

§. 11. Wenn die Verdunstung verhindert werden soll, welches oft technischer Zweck ist, so wird das vornehmlich nach §. 4 durch luftdichten Verschluß bewirkt werden müssen.

Digitized by Google

Man bedient sich dazu der Gefäße von Glas, Porcellan und Metall, und schließt deren Mündung mit eingeschliffenen Stopfen derselben Masse, oder mit Kork, Wachspapier, Federharz und Blase. In einigen Fällen gießt man Wasser auf, wie beim Phosphor, in andern Oel. In den Officinen verwahrt man aromatische Körper in doppelten Gefäßen, indem man das innere zugebunden in dem äußeren Deckelgefäße umstürzt.

§. 12. Wenn lockere Körper, die verdunstende Theile enthalten, durch Drücken und Schlagen möglichst verdichtet werden, so dienen sie sich selbst als Verschluß und bedürfen dann nur einer Hülle zum Schutze der äußeren Theile. Im Handel benutzt man dieses Mittel häufig zur Aufbewahrung solcher Waaren, welche die Verdunstung entkräftet. So wird z. B. der Cichorienkaffee in Tuten eingestampft. Auf ähnliche Art preßt man Schnupftabak, Thee, Safran u. s. w. in Büchsen.

§. 13. Die Verdunstung kann durch Anziehung verhindert werden, wenn man die der Verdunstung fähigen Theile mit solchen Stoffen in Verbindung bringt, deren chemische Verwandschaft sie zurückhält. So wird z. B. das Verdunsten des Terpentinöls jahrlang aufgehalten, wenn es vom Federharz eingesogen worden. Körper, die feucht bleiben sollen, versetzt man mit Salzen, z. B. Rauchtabak und Schnupftabak. Kleefelder halten zu Gunsten des Wachsthums die Feuchtigkeit besser an, wenn man sie mit gestampftem Gyps bestreut. Lehmboden bedarf solcher Beihülfe nicht.

§. 14. Durch Hüllen, die nicht luftdicht sind, kann die Verdunstung dennoch gehemmt werden, wenn der Stoff der Hülle zu dem verdunstenden Körper keine Anziehung besitzt. Hierauf beruhen die merkwürdigen Erfahrungen von Sömmering über die Weinverstärkung. In offenen Gefäße verdunstete Branntwein von 40 Procent Alkoholgehalt über die Hälfte, und aller Weingeist verflog. In Gefäßen, die mit Federharz zugebunden waren, verdunstete in derselben Zeit mehr Weingeist als Wasser,

Digitized by Google

und der Branntwein ward schwächer. Mit Rinderblase zugebunden ward der Branntwein um 2 Grad stärker, weil mehr Wasser als Weingeist verflog. Wenn die Blase mit Hausenblasenlösung bestrichen ward, ward er um 4 Grad verstärkt. Lohgahres Leder endlich ließ wol Wasser, aber gar nichts vom Weingeiste verdunsten, wodurch der Branntwein ungemein verstärkt ward. Die Spanier und Portugiesen führen deshalb den Wein auf Reisen in Lederschläuchen mit sich, wie die alten Griechen und Römer gleichfalls pflegten.

§. 15. Endlich kann das Verdunsten eines Körpers auch dadurch verhindert werden, daß man ihn mit Körpern vermischt, die noch stärker und schneller verdunsten. Das Flüchtige wird durch das Flüchtigere zurückgehalten, weil dieses dann vorzugweise die umgebende Luft sättiget. So pflegen z. B. die Gärtner das zum Verkauf ausgestellte Gemüse durch Besprengen mit kaltem Wasser vor dem Welken zu bewahren. Die Römer wußten schon, daß Wallnüsse nicht vertrocknen und jahrlang frisch bleiben, wenn man sie mit Zwiebeln vermengt. Ausgehobene Wurzeln packt man zum Verschicken in feuchtes Moos.

§. 16. Wenn technische Zwecke im Gegentheile fordern die Verdunstung zu verstärken und zu beschleunigen, so wird das nach §. 4 vornehmlich durch Vergrößerung der Oberfläche geschehen, weil dann die Luft auf desto mehr Punkte gleichzeitig einwirken kann. Darum trocknet man z. B. den Leim auf Netzen, wobei die Luft beide Flächen berührt. Das Aushängen der Wäsche und gefärbter Tücher hat denselben Zweck. Flache Gefäße erleichtern das Verdunsten des Flüssigen, wie z. B. die Kühlbottiche der Brauereien, Suppenteller, Untertassen u. s. w. Zum Abdampfen (XV, 9) wählt man flache Schalen, damit die Verdunstung der Verdampfung zu Hülfe komme.

§. 17. Die Verdunstung wird beschleuniget, wenn man feuchte Körper auflockert, damit die Luft eindringe und auch die inneren Theile berühre. Dazu dient das Auseinanderreißen nasser

Digitized by Google

Wolle. Das ausgedroschene Getreide bewahrt man, wenn es feucht ist, am sichersten vor dem Verderben und verhütet gefährliche Erhitzungen, wenn man es sammt der Spreu aufschüttet und erst dann durch Wurfen reiniget, wenn es zur Aussaat oder zu Mehl verwendet werden soll.

§. 18. Die Verdunstung wird befördert und länger im Gange erhalten, wenn die Luft in Bewegung gesetzt ist, daß sie an dem feuchten Körper vorüberstreichen muß; denn dadurch wird die schon gesättigte Luft entfernt und andere zur Berührung gebracht. Daher befördert der Wind das Trocknen der Wäsche, auch das Gradiren der Salzsoole, indem man die Gradirhäuser so anlegt, daß sie den herrschenden Winden offen stehen. Ebendeshalb trocknet der Erdboden im Freien eher ab als in Städten. Künstlicher Luftzug ersetzt den natürlichen, z. B. beim Verblasen des Seewassers mit Blasbälgen, um trinkbares Wasser zu gewinnen. Anblasen kochender Milch hebt das Sieden auf, indem es die Verdunstung befördert.

§. 19. Ein ähnlicher Erfolg entsteht, wenn der feuchte Körper selbst in schnelle Bewegung gesetzt und dadurch der auflösenden Luft dargeboten wird. Darauf ist die Trockenmaschine von Borreur berechnet, welche die aufgehängte Wäsche in windstiller Luft umdreht. Beim Gradiren der Salzsoole durch Dornen, bei Springwassern und Wasserfällen fördert die fallende Bewegung das Verdunsten ungemein. Schaufelräder und Walzen, die sich über Siedepfannen drehen, beschleunigen das Abdampfen.

§. 20. Endlich wird die Verdunstung durch Wärme gesteigert, indem die dabei entstehenden Dämpfe sich in der Luft zerstreuen und folglich leichter darin auflösen. Darum ist die Luft gewöhnlich im Sommer wasserhaltiger als im Winter. Daher richtet sich die Stärke der Verdunstung nach dem Klima. Das zu beobachten dienen Dunstmesser, Atmometer, offene Gefäße, an deren Wänden Skalen angebracht sind, um die Abnahme des eingegossenen Wassers zu bemerken. In unsern Gegenden, bei einer

Digitized by Google

mittleren Temperatur von 15° R, beträgt das Verdunstende jährlich 32 Zoll, an den Küsten des Mittelsmeers aber 30 Fuß, wodurch die Bereitung des Boysalzes möglich wird.

§. 21. Durch künstliche Wärme kann man die Verdunstung nach Belieben verstärken, worauf die Einrichtung der Trockenstuben beruht, die für so viele Bereitungen von der größten Wichtigkeit sind. Wesentlich ist, daß man feuchte Körper ausbreitet und ihnen eine 40 — 60° R. heiße Luft darbietet, welche nach ihrer Sättigung entfernt und mit neuer vertauscht wird. Die Ausbreitung bewirkt man durch Gerüste, durch Aufhängen, durch Umdrehen der Zeuge um mehre Wellen, durch Sieben u. s. w. Die Heizung geschieht am besten nach Couraudau's Methode durch einen Luftofen, welcher erhitzte trockne Luft hineinbläst. Die Ableitung des Dunstes wird nach Terneaur's Verbesserung nicht oben an der Decke, sondern unten am Boden angebracht, wodurch man die heiße Luft zur Sättigung nöthiget und an Feuerung $\frac{2}{3}$ erspart.

§. 22. Bei der Verdunstung findet auf ähnliche Weise, wie bei der Verdampfung (XV. 7) eine Mitverflüchtigung solcher Stoffe statt, welche an sich nicht flüchtig sind, aber dem verdunstenden Wasser anhängen und durch dasselbe auch in der Luft getragen werden. So ist z. B. in frischgeweißten Stuben der entstehende Wasserdunst kalkhaltig. Der besondere Geruch des angefeuchteten Thones hat denselben Grund. Die gewaltige Verdunstung des äthiopischen und atlantischen Meeres reißt nicht selten Massen von Salz mit sich fort, vornehmlich bei Bildung der Wasserhosen, woraus salzige Winde entstehen, welche in Westafrika unter dem Namen Hermattan bekannt sind.

§. 23. Bei ruhiger Verdunstung werden solche Stoffe, zu welchen die Luft gar keine Anziehung besitzt, nicht weit mit fortgeführt, vielmehr bald niedergeschlagen und mehlartig oder krystallinisch abgesetzt. In solchen Fällen entsteht das sogenannte Ausblühen, Effloresciren. Mehlartig beschlagen Seife, Welkobst,

Digitized by Google

reifende Früchte. Der Mauersalpeter krystallisirt bei trockener Luft in zollangen Nadeln. Aus zersetzten Kiesen blüht Eisenvitriol oder Kupfervitriol, aus verwitternden Alaunerzen Haaralaun, aus kieshaltigen Talksteinarten Bittersalz, aus natronhaltigen Steinarten Glaubersalz u. s. w.

§. 24. Wenn die Luft Wasser auflöst, bindet sie zugleich Wärme, die bis dahin frei war, weshalb die Umgebung allemal erkältet wird. Daher die schnelle Abkühlung der Luft durch Springwasser, Wasserfälle, Mühlräder, Dornen- und Sonnengradirung. Ebendarauf beruht die Abkühlung der Wohnzimmer im Sommer durch Besprengen des Fußbodens und der Fensterschirme mit Wasser, die Kühlung, welche im Freien auf Regen folgt, und die Kühlung an Wasserflächen.

§. 25. Wenn man dem Wasser möglichst große Berührungsfläche zu bewegter Luft giebt, so wird die Abkühlung beschleuniget und verstärkt. Darauf beruht der von den Arabern längs ihrer Züge verbreitete Gebrauch der Kühltöpfe, Alkarazzas. Es sind Krüge ohne Glasur, sehr locker, aber hart gebrannt aus 9 Theilen Thon und 1 Th. Salz. Wo es an Brunnen fehlt, erfrischt man in diesen Töpfen das Trinkwasser. Man umwickelt sie mit Lappen, füllt sie mit Wasser und stellt sie in schattigen Luftzug. Während das Durchseihende äußerlich verdunstet, wird der Rest des Inhalts bis auf 14° R. abgekühlt. Die Lappen verstopfen sich mit Gyps oder Kalk und müssen dann mit reinen vertauscht werden.

§. 26. Sehr flüchtige Körper, die schneller verdunsten, erzeugen desto größere Erkältung. Daher wird die Hand empfindlicher erkältet, wenn man sie mit Alkohol oder Kampherspiritus benetzt, als mit Wasser. Noch flüchtigere Stoffe steigern die Erkältung bis zum Gefrierpunkte. So kann Wasser in sehr dünn geblasenen Tropfengläsern zum Gefrieren gebracht werden, wenn man das wagerecht gehaltene Glas entweder nach Mayer mit Schwefelnaphtha, oder nach Lampadius mit Schwefelkarbon betröpfelt.

Digitized by Google

§. 27. Das Wasser kann sogar durch seine eigene Verdunstung zum Gefrieren gebracht werden, wenn man sie durch Wärme, Vergrößerung der Oberfläche und Luftzug, also dreifach steigert. Darauf beruht die indische Eisbereitung, welche zu Patna, Benares und Calcutta als Gewerbe getrieben wird, wiewol dort die Temperatur den natürlichen Eispunkt nie erreicht. Sehr flache, unglasirte Schalen von locker gebranntem Thon stellt man auf einem Hügel, den die Winde bestreichen, über Strohmatten zu Tausenden in Reihen. Nach Mitternacht füllt man sie mit heißem Wasser. Die Verdunstung des durchseihenden Wassers wird durch das Zusammenwirken jener Ursachen so sehr beschleuniget, daß in jeder Schale eine papierdicke Eisrinde entsteht. Ohne Verzug sammlet man diese in hölzerne Deckelgefäße zum Verkauf

§. 28. Die Auflösung des Wassers in Luft wird vornehmlich durch Elektricität befördert und erhalten; wenn aber diese dem Dunste entzogen wird, erfolgt Zersetzung desselben und Ausscheidung des Wassers. Die Wärme, welche beim Verdunsten gebunden ward, erhält das ausgeschiedene Wasser als Dampf schwebend, bis es durch Anziehungen verdichtet wird. Der mittlere Zustand zwischen Anfang und Ende jener Zersetzung ist das, was wir feuchte Luft nennen. Stufenweise nimmt ihre Durchsichtigkeit ab und sie wird endlich zum sichtbaren Gemenge als Nebel. Die Elasticität der Luft vermindert sich in gleichem Maße, mithin die Schallverbreitung und der Luftdruck, der auf das Barometer wirkt.

§. 29. Wenn feuchte Luft mit Körpern in Berührung kommt, welche Adhäsion zum Wasser besitzen, so haftet dieses an ihnen, tritt ihnen seine Wärme ab und sammlet sich in Tropfen als Thau, oder krystallisirt als Reif, wenn sie sehr kalt sind. Die Bildung des Thaues beginnt in der Regel zwei Stunden vor Mitternacht und endet drei Stunden nach Mitternacht. In wärmeren Klimaten fällt der Thau regelmäßig in jeder Nacht, hinreichend stark die Vegetation zu ernähren und den Mangel des Regens zu ersetzen.

Digitized by Google

§. 30. In den höheren Regionen bewirken ununterbrochene Strömungen der Luft, daß die schon sichtbar ausgeschiedenen Wassertheile oder Nebelmassen in langen Wolkenzügen schwebend erhalten werden. Wenn aber äußere Ursachen die Strömung hemmen und Ruhe erfolgt, tritt die Adhäsion der Wassertheile in Wirksamkeit. Sie sammlen sich in Tropfen als Regen, krystallisiren als Schnee, oder ballen sich als Hagel, jenachdem äußere Ursachen auf sie einwirken.

§. 31. Hohe Berge und Wälder hemmen jene Strömungen und zersetzen die Wolken, soweit die Berührung Anhaften gestattet. Sie werden bethauet und das Wasser, was die Vegetation nicht verbraucht, sammlet sich in Quellen. Je höher die Berge sind, desto mehr wirken sie als Abkühler bei dieser natürlichen Destillation im Großen, und desto mehr bewässern sie das Land. Dagegen dürsten Flächen ohne Berge als Wüsten, Steppen und Savannen.

§. 32. Die Körper, welche der feuchten Luft ihr schwebendes Wasser zu entziehen vermögen, können in drei Klassen getheilt werden. Einige davon saugen es begierig ein und binden das eingesogene in fester Gestalt. Man sagt von ihnen, daß sie sich an der Luft ablöschen. Dahin gehören gebrannter Kalk, gebrannter Gyps, gebrannter Alaun, gebranntes Bittersalz und gebrannter Borax. Das eingesogene Wasser entlassen sie ohne Glühhitze nicht wieder. Sie können daher angewendet werden um Luft in verschlossenen Räumen völlig auszutrocknen. Vorzugweise pflegt man mit ungelöschtem Kalk, dem wolfeilsten jener Körper, die Feuchtigkeit der Luft in Pulvermagazinen wegzunehmen und vom Schießpulver abzuhalten. Aehnlichen Nutzen gewährt er bei der Seidenzucht.

§. 33. Andere Körper ziehen die Feuchtigkeit der Luft zwar stark an, binden sie aber nicht, sondern lösen sich darin und zerfließen an der Luft, wenn sie fest waren. Schon zerflossen, ziehen sie noch immer mehr Wasser an und verdünnen sich. Das eingesogene Wasser kann ihnen durch Abdampfen größtentheils

Digitized by Google

entzogen werden. Zu dieser Klasse gehören ätzendes Kali, salzsaurer Kalk, salzsaurer Talk, salzsaures Eisen, Kalksalpeter, Talksalpeter, Kupfersalpeter, Phosphorsäure und Schwefelsäure. Daher nimmt die Schwefelsäure in leicht verstopften Gefäßen an Umfang und Gewicht zu.

§. 34. Viele andere Körper ziehen das schwebende Wasser aus feuchter Luft nicht durch Verwandschaft, sondern durch Adhäsion an sich. Das Wasser haftet an ihnen, so lange keine stärkere Kraft darauf wirkt, zerstreut sich aber wieder, sobald die auflösende Kraft der Luft wieder hergestellt wird. Dergleichen Körper nennt man vorzugweise Feuchtzieher. Dahin gehören aus dem Thierreiche: Hausenblase, Leim, Blase, Darmsaiten, Haut, Haare, Federn, Fischbein; aus dem Pflanzenreiche: Hafermehl, Pflanzenschleim, Schleimzucker, Seegras, Baumwolle, Flachs und Holz; aus dem Mineralreiche: Salz, Glaubersalz, Salpeter, roher Gyps, Thon, Dachschiefer und Trapp.

§. 35. An Feuchtziehern von organischer Bildung beobachtet man eine Veränderung der Gestalt, jenachdem sie Feuchtigkeit anziehen oder entlassen. Die Kelchblätter der abgeblühten Blumen der Saudistel ziehen sich bei feuchter Luft zusammen, breiten sich aber bei trockener radförmig aus. Ebenso die weiße Ringelblume. Die gewundene Granne der Haferkörner, insbesondere die schwarze des Windhafers, dreht sich aus bei feuchter Luft, und ein bei trockner, wodurch die Körner in laufende Bewegung gerathen. Frisches Tannenholz quillt in feuchter Luft auf und wird dicker, aber kürzer, in trockener dagegen länger. Gedrehte Seile schwellen und verkürzen sich noch mehr in feuchter Luft. Darmsaiten geben dann einen tieferen Ton, wegen vermehrter Dicke.

§. 36. Wenn man einen Feuchtzieher in die Lage versetzt, daß die Ab- und Zunahme der Feuchtigkeit in der Luft an ihm durch Bewegungen bemerklich wird, so nennt man diese Vorrichtung einen Feuchtzeiger, ein Hygroskop. Dazu eignet sich z. B. ein Schwamm, den man mit einer gesättigten Auflösung

Digitized by Google

von Kochsalz oder Salmiak tränkt, dann durch Hitze austrocknet und auf einer Wage zum Gleichgewicht bringt. Die Schale steigt und sinkt, wie die Feuchtigkeit der Luft ab- oder zunimmt.

§. 37. Von ähnlicher Beschaffenheit ist das Erdhygroskop, dessen man sich bedient um solche Stellen aufzufinden, wo am besten Brunnen zu graben sind. Man tränkt rohe Baumwolle mit gesättigtem Salzwasser, trocknet sie auf dem Ofen und wägt sie. Man wirft sie in einen geräumigen Topf und befestiget Stäbe im Kreuz darüber. So wird der Topf umgestürzt, in eine drei Fuß tiefe Grube gestellt und mit der ausgegrabenen Erde wieder bedeckt. Nach 24 Stunden wägt man die Baumwolle nach, um die Zunahme des Gewichts zu erfahren. An welcher Stelle die Zunahme am größten ist, schließt man auf nahe unterhin laufende Quellwasser.

§. 38. Wenn man einen Feuchtzeiger so vorrichtet, daß das Wieviel der Ab- und Zunahme der Feuchtigkeit genau beobachtet und verglichen werden kann, ohne besonders Versuche anstellen zu müssen, so nennt man die Vorrichtung einen Feuchtmesser, ein Hygrometer. Diese Werkzeuge zeigen die Ab- und Zunahme der Feuchtigkeit an einer Gradleiter. Zunächst kommt es darauf an, die äußersten Punkte der Trockenheit und Feuchtigkeit zu bestimmen. Den Punkt der höchsten Trockenheit findet man dadurch, daß man den Feuchtzieher mit Luft umgiebt, welche durch ätzendes Kali oder salzsauren Kalk möglichst entwässert worden. Der Punkt der höchsten Feuchtigkeit wird in Wasserdampf oder im Wasser gefunden. Den Zwischenraum beider Punkte theilt man in Grade, die am besten vom Trockenpunkte an gezählt werden.

§. 39. Die Bereitung harmonirender, d. h. mit andern im Grade übereinstimmender Hygrometer ist sehr schwierig, und was noch übler ist, die größere Sorgfalt belohnt sich nicht sehr lange; denn alle Hygrometer sind wandelbar. Die feuchtziehende Kraft nimmt ab, das Instrument verliert seine Empfindlichkeit und zeigt

Digitized by Google

andre Grade. Man kann die Kraft wiederherstellen, wenn man den Feuchtzieher im Winter mit reinem Wasser befeuchtet und gefrieren läßt. Die gebräuchlichsten Feuchtmesser sind Darmsaiten-, Haar-, Fischbein-, Kiel- und Schieferhygrometer.

§. 40. Darmsaitenhygrometer hat man von verschiedener Größe und Gestalt. Die größten von Lambert bestehen aus einer vielfach und fingerdick zusammengedrehten Darmsaite, welche senkrecht herabhängt und mit einem angemessenen Gewicht beschwert ist. Das Gewicht ist mit einem Zeiger versehen, welcher an einem auf dem Fußboden gezogenen und eingetheilten Kreise die Grade der Feuchtigkeit zeigt, jenachdem die Darmsaite sich zusammen oder auseinander dreht. Das Wettermännchen mit dem Pfeil, der Kapuziner und das Wetterhäuschen sind unwesentliche Abänderungen der Form.

§. 41. Das Haarhygrometer von Sauſſure bewegt ein Menschenhaar von 6 — 8 Zoll Länge, dessen Fettigkeit man durch Kochen in Pottaschenauflösung ausgezogen oder in Seife verwandelt hat. Es wird nach der Länge eines Täfelchens ausgespannt und das eine Ende um eine Welle geschlagen, mit welcher sich ein Zeiger dreht. Der Zeiger geht an einer Bogenskale von 100 Graden vorwärts oder rückwärts, so wie das Haar sich verlängert oder verkürzt. Die Welle wird durch ein kleines Gegengewicht nach der dem Haar entgegengesetzten Seite gezogen, um das Haar in Spannung zu erhalten. Wenn man nach Riché statt Eines Haars acht parallel an die Zeigerwelle spannt, so wird der Gang des Werkzeugs gleichförmiger.

§. 42. Das Fischbeinhygrometer von De Luc hat eine ähnliche Einrichtung. Statt des Haars wird hier ein feiner Streifen von Fischbein ausgespannt, welcher aus einem breiten Stück quer durch die Fasern geschnitten ist. Statt des Gegengewichtes wirkt hier eine Springfeder von Messingdraht. Das Schwellen der Fasern in die Breite zeigt hier die Grade der Feuchtigkeit regelmäßiger an als dort die Verlängerung des Haars.

Digitized by Google

Das Fischbein wird nicht gebeizt und bleibt länger unverändert, welches diesem Hygrometer einen Vorzug der Dauer giebt.

§. 43. Das Kielhygrometer von Chiminello empfiehlt sich dem Techniker vor andern, weil man es leicht selbst bereiten kann. Der Kiel einer Gänsefeder wird durch Beschaben oder Schleifen mit Schafthalm von den äußeren Häuten befreit und bis zur Durchsichtigkeit verdünnt. An die Mündung des Kieles kittet man mit Siegellack eine 15 Zoll lange Glasröhre, füllt den Kiel und die Hälfte der Röhre mit Queckſilber, ſtellt ihn 24 Stunden in Waſſer, dann eben ſo lange in durch Kalk ausgetrocknete Luft und bemerkt dabei den tiefſten und höchſten Stand des Queckſilbers. Den Zwiſchenraum theilt man in 100 Grade, die von oben herab numerirt werden müſſen; denn je feuchter die Luft wird, deſto mehr erweitert ſich der Kiel und das Queckſilber ſinkt.

§. 44. Das Schieferhygrometer von Lowitz iſt ein Wagebalken, deſſen langer Arm als Zeiger ſich an einem in Grade getheilten Quadranten auf- und abbewegt. An dem andern, leichteren Arme hängt ein Scheibchen Schiefer von Aſtrakan, welches in ganz trockener Luft das Gleichgewicht herſtellt und dadurch 0 zeigt, in feuchter aber herabſinkt und den Zeiger hebt. Allenfalls kann man dünne Blätter von verwittertem Dachſchiefer dazu gebrauchen.

§. 45. Zur Beurtheilung des Ganges der Witterung iſt das Hygrometer bei allen ſeinen Mängeln doch wichtiger als das Barometer. Die größte Feuchtigkeit zeigt es im Nebel, wenn er Thau fallen läßt. So wie die Witterung ſich nach und nach zum Regen neigt, zeigt es höhere Grade; aber mit dem Aufhören des Regens geht es wieder zurück; oft ſchon während deſſelben, wenn es unter Obdach hängt und ein friſcher Wind ſich erhebt. Am weiteſten geht es bei austrocknenden Oſtwinden zurück.

Digitized by Google

XVII. Gasbildung.

§. 1. Wenn ein Stoff sich mit dem Wärmestoff durch Verwandschaft so innig verbindet, daß er ihn an kalte Körper nicht wieder abgiebt, vielmehr die erlangte dehnsame Form, Unfühlbarkeit und Unsichtbarkeit als bleibende Eigenschaft annimmt, so nennt man diese Verbindung Gas oder Luft im weiteren Sinne. Der mit dem Wärmestoff vereinigte Stoff heißt dann die Grundlage, Basis des Gases.

§. 2. Die verschiedenen Grundlagen bilden Gase von abweichenden Eigenschaften, oder Gasarten, welche man mit Beibenennung der Grundlage unterscheidet. Nur wenige Stoffe sind für sich allein gasfähig, und wir kennen eigentlich nur drei Gasarten mit einfacher Grundlage, das Sauerstoffgas, das Stickstoffgas und das Wasserstoffgas. Viele Körper eignen sich zu mittelbarer Auflösung im Wärmestoff und bilden Gasarten von zusammengesetzter Grundlage.

§. 3. Die Ursachen der Entstehung der Gase sind sehr mannigfaltig. In einigen Fällen treibt Hitze Gas aus Körpern, z. B. aus Braunstein, Kalkstein, Thier- und Pflanzenkörpern; in andern wird durch Erschütterung bei gewöhnlicher Temperatur Gas entbunden, z. B. aus Selterwasser, Bier und Champagner. Außerdem entstehen Gase durch Auflösung, z. B. der Metalle in Säuren, durch Verbrennung, durch Gährungen, durch Wachsthum und Lebensthätigkeit.

§. 4. Das Merkmal der Gasbildung sind Luftblasen, die sich vermehren und vergrößern. Entstehen sie in weichen Körpern, so werden diese aufgetrieben und löcherig, wie z. B. Sauerfleisch, gährender Mehlteig und Lava. In mehren Fällen nennt man diese Ausdehnung Aufgehen. Zähes Flüssige hält die Blasen an der Oberfläche fest als Schaum, wie Bier und gährende Maische, welches man Aufschäumen nennt. Dünnflüssiges wird von den Blasen mit Geräusch durchbrochen, welches man

Digitized by Google

Aufbrausen nennt. Man beobachtet es bei vielen Auflösungen und bei der Weingährung.

§. 5. Wiewol alle Gase nothwendig Wärmestoff in sich enthalten, der auch durch chemische Zersetzung derselben ausgeschieden werden kann, so ist er doch in ihnen gebunden und wirkt nicht auf das Gefühl. Sie sind an sich ganz kalt, wenn nicht anderweit freie Wärme hinzutritt, die ihnen blos anhaftet. Diese geben sie dann kälteren Körperen ab, nicht die zur Gasform nöthige. Die Kälte ist daher kein Beweis von Mangel an Wärmestoff, vielmehr enthält die gemeine Luft bei der größten Kälte genug davon.

§. 6. Wenn die Gasbildung nicht unter stetem Zuflusse der Hitze vor sich geht, so bindet der gasfähige Stoff die freie Wärme der Umgebung und erzeugt Erkältung. So wird z. B. Selterwasser und Bier kühler beim Einschenken. Die auffallende Kälte mancher Hölen, in denen fortwährend kolensaures Gas entbunden wird, erklärt sich daraus. Die Vegetation bringt eine ähnliche Wirkung hervor, welche wir in der Kühlung des Rasens, des Baumschattens, der Lauben, Bogengänge und grün umrankten Fenster wahrnehmen.

§. 7. Außer der Menge von Wärmestoff, welche die Luft chemisch gebunden hält, kann sie noch ein Mehres dem Gefühl entziehen, wenn sie von freier Wärme durchdrungen und ausgedehnt wird, weil die Wärme dadurch umhüllt wird. Daher werden mit Luft gefüllte Blasen nicht merklich warm, wenn sie von eindringender Wärme anschwellen. Man benutzt diese Eigenschaft bei den sogenannten Luftbetten für Fieberkranke. Statt der Kissen dienen luftdicht schließbare Schläuche, welche durch einen Blasbalg nicht völlig angefüllt, die Wärme des Kranken in sich nehmen, ohne sie wiederzugeben.

§. 8. Die Menge der Wärme, welche die Luft umhüllen und durch Adhäsion festhalten kann, ist von dem äußeren Drucke abhängig, der die Luft verdichtet. Daher entsteht Erkältung,

Digitized by Google

wenn man zusammengepreßter Luft Raum zur Ausdehnung verschafft, in welchem Falle sie die freie Wärme der Umgebung begierig einsaugt. Oeffnet man den Hals einer stark geladenen Windbüchsenkugel, an welchem ein Wassertropfen hängt, so gefriert dieser zu Eis. Daher setzen die Luftsäulenmaschinen da Eiszapfen an, wo sie Luft ausstoßen. Der Luftstrom aus Blasbälgen ist ebendeshalb kühler als die umgebende Luft.

§. 9. Wenn dagegen Luft durch mechanischen Druck zusammengedrückt wird, so entläßt sie die eingesogene und umhüllte Wärme und es entsteht Erhitzung in der Nähe. So wird die Kugel der Windbüchse nach vielen Stößen der Kompressionpumpe heiß. Plötzlich in einen kleinen Raum zusammengepreßte Luft bringt brennbare Körper zum Glühen und zur Entzündung, worauf die Wirkung der Stockfeuerzeuge beruht. Ein Kolben, an dem etwas Zündschwamm hängt, wird in einen metallenen Cylinder schnell hinabgestoßen, und wenn man ihn eben so schnell wieder herauszieht, brennt der Schwamm.

§. 10. Die Erhitzung welche nach XIII, 48 durch Schlagen und Reiben fester Körper entsteht, ist großentheils eine Wirkung ebenderselben Ursach, indem die Bewegung Luft mit sich fortreißt und zwischen beiden festen Körpern zusammendrückt. Daher entsteht unter Wasser nur unbedeutende Reibwärme. Der Nutzen des Schmierens der Wagenräder und der Maschinen gründet sich darauf, daß die ineinander sich umdrehenden Theile verhindert werden Luft mit fortzureißen und zusammenzudrücken.

§. 11. Wenn ein Gas chemisch zersetzt wird, indem seine Grundlage durch Wahlverwandschaft mit einem dritten Körper sich verbindet, so wird der im Gas gebundene Wärmestoff frei gemacht und weit mehr Hitze erregt als durch mechanischen Druck. Hierin ist vornehmlich die Quelle der Wärme zu suchen, welche bei Verbrennungen, bei Gährungen und durch Athmen entwickelt wird. Die Hitze wird um so stärker, je mehr Gas gleichzeitig und je vollständiger es zersetzt wird. Die heftigste

Digitized by Google

entsteht, wenn zwei Gasarten sich gegenseitig zerstören, indem ihre Grundlagen sich verbinden.

§. 12. Die wichtigste und nützlichste aller Gasarten ist das Sauerstoffgas, sonst auch dephlogistisirte Luft, Feuerluft oder Lebensluft genannt. Sauerstoff und Wärmestoff sind seine Bestandtheile. Die Kunst entwickelt es durch Glühen aus Braunstein, minder rein aus Salpeter. Die Natur erzeugt es durch das Wachsthum der Pflanzen im Sonnenschein. Grüne Blätter, mit Wasser in eine Flasche eingeschlossen, entwickeln es im Sonnenlichte; auch das zarte Grün, welches im Brunnenwasser scheinbar von selbst entsteht. Aus frischem Grase wird es reichlich entbunden, daher man es über sonnigen Wiesen reiner als anderswo findet. Es ist vollkommen beständig in jeder Temperatur, ohne Farbe und Geruch, und etwas schwerer als die gemeine atmosphärische Luft, von welcher es einen Theil ausmacht.

§. 13. Das Sauerstoffgas ist nothwendig zur Unterhaltung des Feuers und heißt davon Feuerluft. Es wird durch das Feuer zerstört, indem der Sauerstoff mit dem verbrennenden Körper sich verbindet, den Wärmestoff aber ganz oder zum Theil entläßt. Beim Heizen ist daher nicht der Brennstoff die Quelle der Hitze, sondern die Luft. Nach Erschöpfung des Sauerstoffgases verlöscht das Feuer, wenn nicht durch Luftzug anderes herbeigeführt wird. Gesperrte Luft nährt das Feuer desto länger, je mehr sie Sauerstoffgas enthält. In reinem Sauerstoffgas geschieht die Verbrennung mit der größten Heftigkeit (wie z. B. eine Uhrfeder in demselben durch Zündschwamm angezündet wird und mit blendendem Lichte abbrennt) und mit heftiger Hitze, worauf die Wirkung des Sauerstoffgasgebläses beruht. Vgl. XIV, 30.

§. 14. Das Sauerstoffgas ist eben so nothwendig zum Athmen und zur Erhaltung des Lebens, wovon es Lebensluft heißt. Es wird durch das Athmen auf eine doppelte Weise verändert. Ein Theil löst gewisse Stoffe aus dem Blute auf und entweicht

Digitized by Google

damit beim Ausathmen als eine zusammengesetzte Gasart. Ein anderer Theil wird ganz zersetzt, indem der Sauerstoff sich im Blute auflöst, der freigewordene Wärmestoff aber die thierische Wärme erhält. Je reicher die Luft an Sauerstoffgas ist, desto leichter athmet man darin; daher das Wolgefühl im Freien auf sonnigen Wiesen, dagegen die Beklommenheit in schon gebrauchter Luft. In einer Luft, die gar kein Sauerstoffgas enthält, erfolgt Erstickung, so wie beim Ausschluß der Luft durch Wasser, Würgen, Hängen ꝛc.

§. 15. Bei Gährungen spielt das Sauerstoffgas eine wichtige Rolle, indem es von der gährenden Masse eingesogen wird. Es befördert dann die Gährungen kräftig, vornehmlich solche, bei denen Säure erzeugt wird. Aus dieser Ursach werden gährende Massen zuerst an der Oberfläche sauer. Die Grundlage des Gases hat davon ihre Benennung. Obst, Eyer, Fleisch, süsse Säfte, welkende Gewächse, Gartenerde und Mist zerstören auf solche Weise viel Sauerstoffgas und verderben die umgebende Luft. Dieser Zersetzung ist die Wärmeentbindung des Düngers zuzuschreiben.

§. 16. Auf gleiche Weise wird bei dem Keimen der Samen Sauerstoffgas eingesogen. Sie keimen überhaupt nur dann, wenn ihnen bei feuchter Wärme Sauerstoffgas dargeboten wird, nicht unter der Glocke der Luftpumpe, auch nicht in Luft, die kein Sauerstoffgas enthält. Unter Wasser schwellen sie wol, sterben und faulen aber dann. Wo Samen in Menge keimen, wird durch die Zersetzung des Sauerstoffgases viel Wärme entbunden, wie z. B. beim Malzen und beim Auswachsen feucht aufgeschütteten Getreides. In beiden Fällen steigt die Hitze bis zur Entzündung, wenn sie nicht durch Umwenden gemäßiget wird.

§. 17. Im Wasser ist das Sauerstoffgas unauflöslich, denn die Anziehung des Sauerstoffs zum Wärmestoff ist stärker als die zum Wasser; allein da, wo Sauerstoff aus andern Verbindungen frei wird und eher Wasser als Wärmestoff antrifft, löst er sich

Digitized by Google

gern im Wasser auf und bildet Sauerstoffwasser, welches die Chemie auf verschiedene Weise bereiten lehrt. Unter gewissen Umständen wird selbst in der freien Luft Sauerstoff entlassen und dann vom Wasser eingesogen, weshalb freistehende, besonders fließende Gewässer an der Oberfläche sauerstoffhaltig sind. Solches Wasser unterhält das Athmen der Fische durch Kiemen und macht ihnen das Steigen zum Bedürfniß, so daß sie ersticken, wenn es ihnen unmöglich gemacht wird. Diese Art zu athmen entbindet keine Wärme und läßt sie kalt.

§. 18. Wenn Wasserdunst im Freien zersetzt wird, so nimmt das ausgeschiedene Wasser allemal freien Sauerstoff in sich auf. Daher ist der Thau (XVI, 29) nicht gemeines Wasser, sondern Sauerstoffwasser. Darauf beruht die große Wirksamkeit des Thaues bei der Nachtbleiche, beim Wachsbleichen und beim Rösten des Flachses auf Wiesen, auch daß er das Rosten der Metalle und die Zerstörung des Leders so sehr beschleuniget. Dem Thau ist vornehmlich der Sauerstoffgehalt freistehender Gewässer zuzuschreiben. Ueberhaupt ist der Thau ein wichtiges Hülfmittel der Künste um Körper zu oxydiren, d. h. mit Sauerstoff zu vereinigen.

§. 19. Das Regenwasser ist ohne Zweifel in der Höhe gleichfalls oxydirt, wird aber im Herabfallen durch Rauch und Dünste des Sauerstoffs wieder beraubt. Ein anderes ist es mit dem Schnee, welcher beim Krystallisiren in der Höhe viel Sauerstoff in sich aufnimmt, ihn beim Herabschweben nicht abgiebt und sogar beim Schmelzen noch fest hält. Daher ist das Schneewasser sehr sauerstoffhaltig, weshalb es z. B. die klare Auflösung des Eisenvitriols augenblicklich zersetzt. Diese Beobachtung von Hassenfratz giebt Aufschluß über manche technischen Wirkungen des Schneewassers, welche man in Färbereien, in Brauereien und in der Oekonomie wahrnimmt. Durch diesen Sauerstoffgehalt befördert es die Fruchtbarkeit des Bodens und das Keimen der Samen. Fische sind im Schneewasser sehr lebhaft und verlangen

Digitized by Google

nicht nach der Oberfläche. Getrunken wirkt es säurend, erregt Durchlauf, auch wol Kröpfe. Erstickte und Erfrorene erholen sich leichter, wenn sie in Schnee eingegraben werden.

§. 20. Manche Körper besitzen die Eigenschaft das Sauerstoffgas zersetzend einzusaugen, ohne eine andere Gasart dafür zu entbinden. Unter andern gehören dahin Phosphor, Schwefelkali und Eisenvitriol. Wenn man sie mit Luftgemischen in Gefäßen einschließt, so wird deren Sauerstoffgasgehalt weggenommen und der Umfang der Luftmasse um soviel vermindert. Darauf beruht die Einrichtung der sogenannten Luftgütemesser oder Eudiometer, deren einfachste Art Fig. 73 darstellt. Ein Glascylinder A, den man mit ein wenig Talg fein ausreiben kann, wird in dem Napfe B über ein in der Mitte durchbohrtes Korkscheibchen c gestürzt, auf welches man ein Stückchen klaren Phosphor legt. Der Napf wird mit Wasser gefüllt, um die innere Luft zu sperren. Der Phosphor leuchtet dann im Dunklen, so lange, bis er alles Sauerstoffgas verzehrt hat, wobei das Wasser eindringt, die Korkscheibe schwimmend emporhebt und die entstehende Säure wegnimmt. Ist der Cylinder gleich weit und mit einer Skale von hundert gleichen Theilen versehen, so zeigt der verminderte Luftraum den Sauerstoffgasgehalt der Luft in Procenten an.

§. 21. Die atmosphärische Luft ist ein Gemenge von mehren Gasarten. Das Sauerstoffgas beträgt darin etwa den vierten Theil, mehr oder weniger, jenachdem es durch örtliche Umstände vermehrt oder vermindert wird. Will man irgendwo Luft schöpfen, um ihren Gehalt an Sauerstoff mit dem Eudiometer zu erforschen, so muß man den Cylinder mit Wasser füllen und ausgießen. Bei richtiger Anstellung des Versuchs findet man in freier Luft wenigstens 22 und höchstens 28 Procent Sauerstoffgasgehalt. Um sicher zu gehen, wiederhole man den Versuch und nehme Kalkwasser zum Füllen des Cylinders. Vgl. §. 34.

§. 22. Wenn man der atmosphärischen Luft durch Phosphor ihr Sauerstoffgas entzogen hat, so bleibt ein Gas zurück, welches

Digitized by Google

ganz andere Eigenschaften besitzt und im Freien, nach einem Regen, 72 — 78 Procent, oder etwa $\frac{3}{4}$ des Ganzen beträgt. Man nennt es Stickgas, Stickstoffgas, Azotgas oder phlogistisirte Luft. Seine Grundlage ist der Stickstoff, Azot. Es ist vollkommen beständig, unsichtbar und geruchlos, etwas leichter als Sauerstoffgas, mithin auch leichter als atmosphärische Luft. Es löst sich im Wasser nicht auf. Mit dem Sauerstoffgas mischt es sich leicht und innig, ohne aber dasselbe zu zersetzen. So sind auch beide Gasarten in der Luft nur gemengt; denn ihre Grundlagen bilden da, wo sie sich chemisch verbinden, ganz andere Körper als atmosphärische Luft.

§. 23. Im Stickgas verlöschen Feuer und Athmende ersticken darin, wovon es benannt worden ist. Uebrigens tödet es nur durch den Mangel an Sauerstoffgas, hat aber an sich gar keine Wirkung auf die Brust, ist uns vielmehr von großem Nutzen als Verdünnungmittel des Sauerstoffgases. In reinem Sauerstoffgas würden Verbrennungen und Gährungen unaufhaltsam seyn; das Blut der Athmenden würde aber zu stark erhitzt und die Lebensthätigkeit zum verzehrenden Fieber gesteigert werden. Die Vorsehung mäßigte seine Wirkung durch Beimischung eines dreifachen Maßes von unthätigem Gas.

§. 24. Diejenigen Körper, welche aus der atmosphärischen Luft Sauerstoffgas einsaugen und durch Oxydirung verderben, bleiben im reinen Stickgas unverändert. Dieses bietet Mittel zur Aufbewahrung solcher Körper, indem man sie in Glasröhren einschließt und diese bald darauf an beiden Enden zuschmelzt. Nach kurzer Zeit enthält die Röhre nur Stickgas. So bewahrt man den Impfstoff der Kuhpocken, die in der Hitze violblau dampfende Jodine und die Metalloide der Kalien. Auch gährungfähige Körper erhalten sich lange im Stickgas. Wenn man frischgepflücktes Obst in zugebundenen Töpfen einen Fuß tief in Gartenerde eingräbt, hält es sich wol sechs mal so lange als an der Luft, weil die Gartenerde kein Sauerstoffgas durchdringen läßt.

Digitized by Google

§. 25. Samen keimen nicht im Stickgas, behalten aber die Keimkraft sehr lange. Getreide hält sich daher gut in gesperrter Luft. Zu Nürnberg bewahrt man noch Korn, welches 1347 in dicht verschlossene Gruben eingethan worden. Im Jahre 1707 entdeckte man zu Metz einen wol erhaltenen Getreidevorrath, welcher 1553 mit Gyps übergossen worden war. Aehnliche Erfahrungen haben auf die Idee der Silo's oder unterirdischen Magazine geführt, in welchen man die Frucht reicher Aernden für Mißjahre aufspart. In trockenem Boden wird eine Grube rundum ausgemauert und überwölbt, die Oeffnung im Gewölbe nach Einfüllung der Frucht mit einem schweren Quaderstein geschlossen und mit Gartenerde bedeckt. Zu größerer Sicherheit ist rathsam das Getreide mit der Spreu einzuthun (vgl. XVI, 17) auf dem Boden aber Terpentinöl auszugießen, dessen Dunst das Sauerstoffgas der gesperrten Luft wegnimmt und die Kornwürmer unfehlbar tödet.

§. 26. Unter gewissen Umständen verbindet sich der Stickstoff mit Sauerstoff und Wärmestoff zugleich zu einer merkwürdigen Gasart, welche man oxydirtes Stickgas, Stickstoffoxydgas, auch wol Wonnegas nennt. Seine zusammengesetzte Grundlage enthält ungefähr zwei Theile Stickstoff bei Einem Theile Sauerstoff, genau 64 bei 36. Es entsteht durch Erhitzung des Sauerstoffgases mit dem unten vorkommenden Ammoniumgas, oder durch Erhitzung des mit Sand vermischten flammenden Salpeters, auch bei Auflösung des Zinnes und Zinks in Salpetersäure. Es ist beständig, ohne Farbe, von süßlichem Geruch und Geschmack. Lichter brennen darin fort, wie in atmosphärischer Luft. Auch ist es zum Athmen nicht untauglich, hat aber die eigenthümliche Wirkung den Athmenden zu berauschen. Anfangs erweckt es Fröhlichkeit. Zu dieser gesellt sich später eine unwillkürliche, zunehmende Beweglichkeit des Körpers, Doppelsehen und Irrereden, worauf eine Ohnmacht folgt, auch wol der Tod.

§. 27. In andern Fällen verbinden sich in umgekehrtem Verhältniß zwei Theile Sauerstoff mit Einem Theile Stickstoff

Digitized by Google

(68 mit 32) und beide zusammen mit Wärmestoff zu Salpetergas oder nitrösem, salpeterhalbsaurem Gas. Dieses entsteht bei Auflösung des Kupfers, Silbers, Queckſilbers, Bleies oder Eisens in Salpetersäure, auch beim Verwesen thierischer Körper. In Gefäßen ist es beständig und farblos, in Berührung mit der atmosphärischen Luft verdichtet es sich aber zu rothen Dämpfen. Feuer verlöscht darin. Eingeathmet erstickt es nicht blos wie Stickgas, sondern tödet augenblicklich durch Zersetzung des Blutes. In freier Luft reißt es deren Sauerstoffgas begierig an sich, bis ein Theil Stickstoff vier Theile Sauerstoff gebunden hat, und wird dadurch zu Salpetersäure. Man hat es deshalb beim Eudiometer angewendet (§. 20); allein da es allemal mit Stickgas vermischt entbunden wird, giebt es dessen Gehalt zu groß an.

§. 28. Wenn Kolenstoff im Sauerstoffgas aufgelöst wird, so entsteht daraus kolensaures Gas, auch kolenstoffsaures Gas oder fixe Luft genannt. Es entwickelt sich in Menge und unter heftigem Aufbrausen aus Marmor, Kreide, Pottasche, Magnesie und Bleiweiß, wenn man sie in Schwefelsäure auflöst. Außerdem entsteht es beim Verbrennen des Holzes, der Kolen und der Oele, bei Gährungen, aus blühenden Gewächsen u. s. w. In seiner Grundlage sind drei Theile Sauerstoff mit Einem Theile Kolenstoff (72 mit 28) verbunden. Es ist im Freien beständig und farblos, hat einen säuerlichen, prickelnden Geruch, auch einigen Geschmack. Es ist um die Hälfte schwerer als atmosphärische Luft (68: 46), weshalb es sich in verschlossenen Gefäßen bei völliger Ruhe zu Boden senkt, wenn es mit atmosphärischer Luft gemengt war, auch wol aus einem Gefäße in ein anderes ausgegossen werden kann. Seifenblasen schwimmen auf dem gelagerten Gas.

§. 29. Ungeachtet seines bedeutenden Sauerstoffgehaltes ist das kolensaure Gas doch ganz untauglich zum Athmen und bewirkt Erstickung, jedoch ohne Zersetzung des Blutes, so daß die Erstickten, wenn man sie zeitig genug an frische Luft bringt, sich wieder erholen, ohne weiteren Nachtheil zu spüren. Mehre

Digitized by Google

Hölen, welche immerfort mit kolensaurem Gas halb gefüllt sind, als die Hundgrotte bei Neapel und die Dunsthöle bei Pyrmont, dienen zu Versuchen mit Hunden, welche in zwei Minuten unter Krämpfen ersticken, wenn man sie auf den Boden niederhält, dann aber herausgebracht, bald wieder zu sich kommen. Die atmosphärische Luft ist fast immer mit kolensaurem Gas vermischt, welches die Bewegung schwebend erhält, aber es ist dem Athmen nicht hinderlich, wenn es auch 10 — 15 Procent beträgt.

§. 30. Eben so wenig ist das kolensaure Gas geeignet Feuer zu unterhalten, weil das, was die Verbrennung bewirken würde, Sättigung des Sauerstoffs mit Kolenstoff, schon bewirkt ist. Daher verlöschen Lichter in der Hundgrotte, den Dunsthölen bei Pyrmont und Ems, den Mansfeldschen Schlotten u. s. w., sobald man sie in die Schicht des kolensauren Gases eintaucht. Schießpulver entzündet sich nicht darin, wiewol der Funke sichtbar auf die Pfanne fällt, wenn man ein Gewehrschloß abdrückt. Auch der Phosphor leuchtet nicht darin. Der atmosphärischen Luft beigemischt verursacht es, daß Lichter dunkel brennen.

§. 31. Diejenigen Entmischungen und Gährungen, welche einen Zufluß von Sauerstoffgas erfordern, dauren im kolensauren Gas nicht fort, entstehen auch nicht darin. Daher bleiben Obstfrüchte, Bier, Wein, Essig und Hefen in verschlossenen, mit kolensaurem Gas gefüllten Gefäßen lange unverändert. Die Zwischenräume der Gartenerde sind immer mit kolensaurem Gas angefüllt, aus welchem Grunde tief untergegrabene Samen dreißig bis vierzig Jahre unthätig liegen können und dann erst keimen, wenn sie durch neues Umwenden der Erde an die Luft gebracht werden.

§. 32. Das kolensaure Gas wirkt als eine wahre Säure. Die meisten blauen Pflanzenfarben verwandelt es in rothe, nehmlich an feuchten Körpern oder in der Auflösung, wie z. B. Veilchensaft, Lackmustinktur und benetztes Lackmuspapier. Es der atmosphärischen Luft beigemischte verursacht hauptsächlich

das Verschießen unächt blau und grün gefärbter Zeuge, zumal in feuchter Luft.

§. 33. Von kaltem Wasser wird das kolensaure Gas gern eingesogen und zersetzt, nicht aber vom heißen, und die kalte Auflösung entbindet es wieder, wenn man sie erhitzt. Das mit Kolensäure gesättigte Wasser schmeckt säuerlich und wirkt als eine Säure. Die Natur bietet solche Auflösungen in den Sauerbrunnen und Stahlbrunnen. Außerdem enthalten alle Brunnenwasser mehr oder weniger Kolensäure, welche der Regen theils in der Luft auflöst, theils in der Ackererde antrifft. Springwasser zersetzen das kolensaure Gas noch besser als Regen.

§. 34. Gebrannter Kalk und ätzende Laugensalze saugen das kolensaure Gas begierig ein, vornehmlich aufgelöst im Wasser. Die Laugensalze werden dadurch mild und krystallisirbar. Der Kalk verliert ebenfalls seine Schärfe und wird unauflöslich im Wasser, weshalb das Kalkwasser sich an der freien Luft mit Kalkhäutchen bedeckt, bis aller Kalk herausgefallen ist. Gelöschter Kalk ist das kräftigste Mittel mit kolensaurem Gas gefüllte Räume davon zu reinigen, wozu er oft gebraucht wird, z. B. in den Seidenwürmerstuben.

§. 35. Frische Pflanzen saugen das kolensaure Gas ebenfalls aus der Luft ein, besonders durch die Gefäße der rauhen Unterfläche der Blätter, und zersetzen es, die Grundlage zu ihrem Wachsthum verwendend, auf welche Weise das Grün der Gärten die Gartenluft gar sehr verbessert. Mehre Gewächse, die auf Felsen, Mauern und Dächern stehen, nähren sich allein davon. Ueberhaupt ist die Kolensäure die vorzügliche Nahrung, gleichsam das Brod der Pflanzen, und wird von ihnen in Wasser gelöst, durch die Wurzeln eingesogen.

§. 36. Dieselben Stoffe, aus welchen das kolensaure Gas besteht, bilden in anderem Verhältniß das koligsaure Gas, Kolestoffoxydgas oder Karbonoxydgas. Seine Grundlage enthält beinah gleiche Theile Kolestoff und Sauerstoff, nach Berzelius 45 bei 55.

Digitized by Google

Es entsteht bei Zersetzung des kolensauren Gases durch glühende Metalle, bei trockener Destillation organischer Körper, vornehmlich aber bei unvollkommener Verbrennung der Kole in eingeschlossener, an Sauerstoffgas armer Luft. Es ist in Gefäßen beständig, farbenlos, an sich ohne Geruch und Geschmack, nicht säuerlich, auch nicht auflöslich im Wasser, und leichter als kolensaures Gas.

§. 37. Im koligsauren Gas verlöschen Feuer; es kann vielmehr in Berührung mit atmosphärischer Luft selbst entzündet werden, verbrennt mit blauer Flamme und wird zu kolensaurem Gas, wobei es sich verdichtet. Zum Athmen ist es ganz untauglich, erregt augenblicklich Schwindel und Ohnmacht und tödet schneller als kolensaures Gas. Ihm ist hauptsächlich die Schädlichkeit des Kolendampfes beizumessen, in welchem es mit kolensaurem Gas vermischt ist.

§. 38. Wenn Schwefel in atmosphärischer Luft verbrennt, verbindet er sich mit dem vorhandenen Sauerstoffgas zu schwefligsaurem Gas. Ebendasselbe entsteht durch Destillation der Schwefelsäure mit Sägspähnen, Zucker und anderen Pflanzenkörpern, aber dann vermischt mit kolensaurem Gas. Es enthält gleiche Theile Schwefel und Sauerstoff. In Gefäßen ist es bei jeder Temperatur beständig. Es hat einen säuerlichstechenden Geruch. In Berührung mit atmosphärischer Luft reißt es noch mehr Sauerstoffgas an sich und verdichtet sich zu Schwefelsäure. Von kaltem Wasser wird es begierig eingesogen und zersetzt, nicht vom warmen.

§. 39. Das schwefligsaure Gas ist höchst erstickend, zersetzt das Blut und tödet plötzlich, wird auch deshalb zum Vertilgen schädlicher Thiere angewendet. Feuer verlöschen darin augenblicklich, wenn schon es doppelt so viel Sauerstoff enthält als die atmosphärische Luft. Daher werden brennende Essen durch angezündeten Schwefel leicht gelöscht. Gährungen, welche durch Einsaugung des Sauerstoffgases gefördert werden, stehen still, wenn der umgebenden Luft schwefligsaures Gas beigemischt wird, worauf der Nutzen vom Schwefeln der Weinfässer beruht.

Digitized by Google

§. 40. Wenn Thierkörper mit schwefligsaurem Gas in Berührung kommen, wird es eingesogen, zerstört ihre natürlichen Farben und stellt sie weiß dar. Darauf beruht das Schwefelbleichen der Seide, der Wolle, der Haare, der Federn, der Knochen und des Elfenbeins. Man bewirkt es in Kammern, die keinen Luftzufluß gestatten; denn in diesem Falle würde Schwefelsäure entstehen, die nicht bleicht. Der zu bleichende Körper wird ausgebreitet und zuvor ein wenig angefeuchtet, weil er dann stärker anzieht. Es ist besser Schwefel in Näpfen zu schmelzen und zu entzünden als Schwefelfaden abzubrennen, weil im letzteren Falle der mit dem Gas entstehende Rauch die Wirkung vermindert.

§. 41. Wenn man drei Theile Salzsäure mit Einem Theile Braunstein destillirt, oder auch 3 Theile Kochsalz mit 1 Theil Braunstein und 6 Theilen Schwefelsäure, so entbindet sich eine eigenthümliche Gasart, welche Chlorgas, oxydirtsalzsaures Gas oder dephlogistisirtsalzsaures Gas genannt wird. In Gefäßen ist dieses Gas beständig, durchsichtig, von grüngelber Farbe. Es ist dritthalb mal so schwer als atmosphärische Luft. Eine Wachskerze brennt darin dunkel fort. Blattgold, Zink, Wismuth, Zinnober und Spießglas entzünden sich darin von selbst. Es ist höchst erstickend, verbrennt das Blut und tödet augenblicklich, wenn es unvermischt eingeathmet wird. Selbst in Vermischung mit atmosphärischer Luft erregt es Schnupfen, Husten und Blutspeien.

§. 42. Das Chlorgas wird von kaltem Wasser begierig eingesogen und zersetzt, indem seine Grundlage, das Chlor, dessen Mischung noch zweifelhaft ist, sich auflöst und Chlorwasser bildet, welches als Säure wirkt. Lauge von Pottasche und Kalkwasser verschlucken das Chlorgas noch begieriger als Wasser und halten es fester, indem sich Chlorsalze bilden, im ersteren Falle Chlorkali, im anderen Chlorkalk. Zur Bereitung dieser Auflösungen im Großen gebraucht man Leitungröhren von Blei und statt der Vorlagen Fässer, in welchen umgestürzte Wannen das Gas fangen, damit es sich leichter im Vorschlagwasser löse.

Digitized by Google

§. 43. Das Chlor wird in technischer Hinsicht höchst wichtig durch die Eigenschaft, daß es Pflanzenkörpern in kurzer Zeit sowol ihre natürlichen als künstlich aufgesetzten Farben entzieht und sie vollkommen weiß darstellt. Darauf beruht die Schnellbleiche der neueren Technik, deren Erfindung wir Bertholet verdanken. Sie wird auf Leinwand, Papiermasse, Kattun und andere Baumwollenzeuge, auf Wachs und fette Oele angewendet. Die größte Wirkung thut das Chlorgas, wenn der zu bleichende Stoff ihm feucht dargeboten wird; da es jedoch zu gefährlich für die Arbeiter ist und selbst das Chlorwasser äußerst nachtheilig auf die Brust einwirkt, so hat man neuerlich die Anwendung der minder wirksamen Chlorsalze vorgezogen.

§. 44. Die dritte Gasart mit einfacher Grundlage, das Wasserstoffgas, Hydrogengas, auch brennbare Luft genannt, entbindet sich bei Auflösung des Eisens oder Zinks in verdünnter Schwefelsäure, auch aus dem Wasser, wenn man dessen Dampf durch ein glühendes Eisenrohr treibt. In jedem Falle entsteht es durch Zersetzung des Wassers, in welchem die Grundlage, der Wasserstoff, in großer Menge enthalten ist. Es ist sowol in Gefäßen als im Freien vollkommen beständig, farblos und an sich ohne Geruch. Brennende Körper verlöschen darin augenblicklich. Zum Athmen ganz untauglich, erstickt es schneller als Stickgas. In wenigen Zügen eingeathmet, bewirkt es allgemeine Ermattung, doch ohne nachtheilige Folgen.

§. 45. Das Wasserstoffgas ist die leichteste aller Gasarten und funfzehn mal, nach Andern vierzehnmal leichter als atmosphärische Luft. Es steigt daher in derselben schnell empor und kann sich nur in der äußeren Atmosphäre verhalten. In leichten Gefäßen eingeschlossen, hebt es dieselben mit sich empor, worauf das Steigen der Luftbälle beruht. Im Kleinen nimmt man dazu Beutel von Goldschlägerhäutchen, die bei 30 Kubikzoll Rauminhalt etwa 12 Gran wiegen und 1 Gran Wasserstoffgas fassen, mithin leichter sind als 30 Kubikzoll atmosphärische Luft. Statt derselben kann

Digitized by Google

man auch Seifenblasen oder Harzblasen dazu gebrauchen. Das aus Zink und Säure entbundene Gas füllt man zunächst in eine Rinderblase mit angesetztem Spritzenrohr, welches in Seifenwasser oder geschmolzenes Harz eingetaucht, den anhängenden Tropfen zur Blase ausdehnt, wenn man den Schlauch zusammendrückt.

§. 46. Derselbe Versuch, im Großen angestellt, hat die Luftschiffahrt hervorgerufen, deren Vervollkommnung freilich der Zukunft vorbehalten bleibt. Charles füllte 1783 gefirnißte Taffetballons statt der schon bekannten Seifenbälle mit dem Gas. Bald darauf wagte man in angehängten Gondeln mit in die Höhe zu steigen. Blanchard suchte den Ballon durch angebrachte Flügel von Seidenzeug beliebig zu lenken, aber ohne glücklichen Erfolg. Um das Steigen anfänglich zu mäßigen, nachher aber beschleunigen zu können, nahm man Ballast mit, zum Abwerfen in der Höhe. Die Erfahrung, daß der Ballon höher und schneller stieg, wenn er durch Sonnenwärme ausgedehnt ward, führte Zambeccari auf die Idee, einen Ring von Lampen unter demselben anzubringen, um durch deren Anzündung ihn zu höherem Steigen, durch Auslöschung zum Sinken zu bringen und so Luftströmungen von günstiger Richtung aufzusuchen.

§. 47. Das Wasserstoffgas ist ein brennbarer Körper und kann in Berührung mit Sauerstoffgas oder atmosphärischer Luft entzündet werden. Findet diese Berührung nur am äußeren Umfange des brennbaren Gases statt, so brennt es mit einer ruhigen, farblosen, dünnen Flamme, die bei fortwährender Entwickelung des Gases aus einer Röhre daurend ist. Das geschieht, wenn man in einem Glasfläschchen Zink in Vitriolspiritus auflöst und den Hals mit einem Pfropf von Papier schließt, welcher um eine enge Glasröhre gewickelt ist. Ein Glaskolben, dessen Mündung man über die Flamme stürzt, tönt vermöge des Luftzuges wie eine Orgelpfeife. Bei dieser Verbrennung reißen 1½ Theile Wasserstoff 8½ Theile Sauerstoff an sich und werden zu Wasser.

Digitized by Google

§. 48. Wenn Wasserstoffgas und Sauerstoffgas dagegen gemischt sind und so sich innig berühren, so geschieht die Verbrennung bei Annäherung eines Zünders nicht nach und nach, sondern plötzlich mit einem heftigen Stoß und Knall, weshalb man jenes Gemisch Knallgas nennt. Man mischt entweder zwei Maßtheile Wasserstoffgas mit Einem Maßtheil Sauerstoffgas, oder Einen Maßtheil Wasserstoffgas mit drei Maßtheilen atmosphärischer Luft. Chlorgas mit Wasserstoffgas gemischt giebt eine dritte Art von Knallgas. Die Hitze, welche das augenblickliche Abbrennen erregt, ist ungemein stark, weil der Wärmestoff von beiden Gasen zugleich frei wird (vgl. §. 11) und darauf beruht die Wirkung des Knallgasgebläses. Vgl. XIV, 30.

§. 49. Wenn ausströmendes Wasserstoffgas in Berührung mit der atmosphärischen Luft auf Platinmetall oder Platinoxyd trifft, so werden diese zum Glühen gebracht und zünden ersteres. Auf diese merkwürdige Wirkung gründet sich die Einrichtung des sehr gemeinnützigen Platinzünders von Döbereiner, den Fig. 74 darstellt. Der Trichter A ist in den Hals der Flasche B gekittet. Durch A füllt man verdünnte Schwefelsäure ein und wirft gekörnten Zink zu. Die Auflösung entbindet Wasserstoffgas, welches B füllt, die Säure nach A hinauftreibt, durch deren Druck aber verdichtet wird und deshalb lebhaft durch das Rohr c ausströmt, wenn man dessen Hahn öffnet. Vor der Mündung ist ein Platindraht befestiget, an welchem in d ein Schwämmchen mit Platinoxyd hängt.

§. 50. Der Wasserstoff löst bei seiner Ausscheidung gern Kohlenstoff in sich auf, und beide zusammen bilden als Grundlage mit dem Wärmestoff das Kohlewasserstoffgas oder kolige Wasserstoffgas, welches oft 75 Theile Kohlestoff bei 25 Wasserstoff enthält. Die Natur entwickelt es vornehmlich durch Fäulniß unter Wasser, in Sümpfen; die Kunst aber durch trockne Destillation oder Verkohlung aus Pflanzenkörpern. Im letzteren Falle ist es mit kohlensaurem Gas vermischt, wovon es durch Kalkwasser

Digitized by Google

gereiniget werden kann. Es ist im Freien beständig, farblos und unsichthar. Es hat einen eigenthümlichen dumpfen Geruch, ähnlich dem ausgeblasener Lampen, und ist erstickender als Wasserstoffgas. In Berührung mit atmosphärischer Luft läßt es sich entzünden und verbrennt mit einer gelblichweißen Flamme, wobei Wasser und Kolensäure entsteht. Dieses Gas ist der Körper der meisten Feuerflammen, namentlich bei Verbrennung des Holzes und Torfs, der Braunkolen und Steinkolen. Wird es diesen Brennstoffen durch Destillation entzogen, so verbrennen sie dann ohne Flamme, wie Holzkole und Coaks. In Vermischung mit Sauerstoffgas oder atmosphärischer Luft giebt es Knallgas.

§. 51. Je mehr Kolenstoff das Wasserstoffgas in sich aufnimmt, desto dichter und heller ist die Flamme, mit welcher es verbrennt. Unter günstigen Umständen können sich 85 Theile Kolenstoff mit 15 Theilen Wasserstoff gasförmig verbinden und bilden das Oelgas oder ölbildende Gas, welches mit einer ganz weißen und sehr hellen Flamme verbrennt. Es entsteht, wenn fette Oele durch Glühen zersetzt werden, z. B. beim Eingießen in einen glühenden Schmelztiegel, wobei es sogleich in einer hohen Feuersäule abbrennt. Es ist der vorzüglichste Stoff zur Beleuchtung und bildet die Flamme der Wallrath-, Wachs- und Talglichter. Aus Oelsamen, aus der Glanzkole und Pechkole, auch aus manchen Braunkolen, z. B. aus der von Alsdorf im Mansfeldschen, kann es durch trockene Destillation im Großen gewonnen werden und liefert dann das beste Material zur Gasbeleuchtung. Mit Chlorgas vermischt und entzündet, setzt es eine Art von Oel ab, bei andern Zersetzungen aber eine Menge feinen Ruses.

§. 52. Der Schwefel wird von eben ausgeschiedenem Wasserstoff leicht und in großer Menge aufgelöst, so daß 7 Theile Wasserstoff 93 Theile Schwefel in sich aufnehmen können. Diese Verbindung ist die Grundlage der Gasart, welche Schwefelwasserstoffgas, Schwefelleberluft, hepatisches Gas genannt wird. Es entsteht durch Auflösung des Schwefelkali und des

Digitized by Google

Schwefelelsens in Salzsäure, durch Destillation des Schwefelbalsams, auch durch Fäulniß schwefelhaltiger Körper. Es ist beständig, farblos und meistens eben so schwer als atmosphärische Luft. Es hat einen eigenthümlichen, hepatischen Geruch, ähnlich dem fauler Eyer. Es ist sehr erstickend und löscht Feuer aus, brennt aber selbst in Berührung der atmosphärischen Luft mit blauer Flamme, wobei Schwefelsäure und Wasser entsteht.

§. 53. Im Wasser ist das hepatische Gas auflöslich, aber seine Grundlage verändert sich darin und wird zu einer Säure, der Hydrothionsäure. Ebendasselbe geschieht, wenn das Gas Wasserdampf in sich aufnimmt, woraus hydrothionsaures Gas entsteht. Die Natur bietet es immer in diesem säuerlichen Zustande. Die Vulkane entwickeln es in großer Menge. Aufgelöst findet man es in den Schwefelquellen zu Aachen, Schinznach, Nenndorf und andern mehr. Der Schlamm, den solche Wasser absetzen und welcher die Schlammbäder liefert, enthält es in noch größerer Menge, an Kalk gebunden. Selbst vertrocknet und zu Stinkstein erhärtet, entwickelt er es noch, wenn er gerieben wird.

§. 54. Eben ausgeschiedener Wasserstoff löst dargebotenen Phosphor leicht auf, und diese Verbindung von 80 — 90 Procent Phosphorgehalt bildet die Grundlage des Phosphorgases oder Phosphorwasserstoffgases. Es entsteht künstlich bei Auflösung des Phosphors durch Kochen in ätzender Lauge, natürlich durch Fäulniß thierischer Körper im Wasser, vornehmlich der Fische und Krebse. Es ist in Gefäßen beständig und farblos. Es besitzt einen ungemein widrigen Fischgeruch, ist höchst erstickend, löscht brennende Körper aus, entzündet sich aber selbst in Berührung der atmosphärischen Luft und verbrennt zu Phosphorsäure und Wasser.

§. 55. Freiwerdender Wasserstoff löst endlich auch freien Stickstoff auf und nimmt davon das Viersache des eigenen Gewichts in sich. Diese Verbindung ist das Ammonium oder flüchtige Laugensalz und bildet mit dem Wärmestoff eine in Gefäßen

Digitized by Google

beständige, farblose Gasart, das Ammoniumgas. Es entsteht künstlich durch Destillation des Salmiaks mit Kalk oder Pottasche, auch schon beim Zusammenreiben solcher Gemenge mit etwas Wasser; natürlich durch Fäulniß des Harns. Es hat einen stechenden, laugenhaften Geruch, den man bei Anwendung des Riechsalzes zur Aufreizung der Nerven benutzt. Unvermischt eingeathmet, tödet es schnell, sogar die Eyer der Insekten, weshalb man es, aus Salmiak, Kalk und Grünspan durch Reiben mit Wasser entbunden, als eines der besten Wanzenmittel anwendet. Es löscht brennende Körper, kann aber in Berührung mit atmosphärischer Luft selbst angezündet werden und verbrennt mit gelber Flamme. Chlorgas zersetzt es augenblicklich unter feuriger Explosion. Von kaltem Wasser wird es begierig eingesogen, bis zum dritten Theil des Wassergewichts, und giebt Ammoniumwasser.

XVIII. Miasmen.

§. 1. Die beschriebenen Gasarten finden wir in der Natur nirgend rein, sondern theils mit einander vermischt, theils durch Dämpfe verunreiniget, welche durch Adhäsion oder durch Verwandschaft von den Gasen festgehalten werden. Diese gemischten Luftmassen heißen Miasmen, verderbte Luft. Ihre Arten sind zahllos und großentheils noch nicht völlig gekannt. Ihr großer Einfluß auf die Gewerbe, vornehmlich auf die Gesundheit der Gewerbtreibenden, macht die Betrachtung derselben zu einem wichtigen Gegenstande der Gewerbnaturlehre.

§. 2. Wenn die atmosphärische Luft vorhin (XVII, 21) als ein Gemisch von 28 Theilen Sauerstoffgas mit 72 Theilen Stickgas bezeichnet wurde, so gilt das eigentlich nur von derjenigen, welche man bei Windstille über trockenen, sonnigen Wiesen einathmet. Vgl. XVII, 12. Außerdem werden der freien Luft durch Winde 5 bis 10 Procent kolensaures Gas beigemischt (XVII, 23) und die Verdunstung füllt sie mit

Digitized by Google

aufgelöstem Wasser (XVI, 4). Von beiden Einmischungen reiniget sich die Luft durch Thau und Regen, aber nur örtlich, wie denn die Atmosphäre eben so wenig als der Ocean eine gleichförmig gemischte Masse darstellt.

§. 3. Von der freien Landluft unterscheidet sich die Stadtluft, die große Städte als eine aus der Ferne sichtbare Wolke umhüllt, in mancher Hinsicht. Durch das Athmen so vieler Menschen und Thiere, durch die fortdauernden Verbrennungen, durch eine Menge gährender Massen, wird der Gehalt an Sauerstoffgas bis auf 20 Procent herabgebracht. Dagegen steigt der Gehalt an kolensaurem Gas aus denselben Ursachen auf 15 Procent. Wasserdampf entsteht im Uebermaß, haftet aber am kolensauren Gas, welches von ihm die Hälfte des eignen Gewichtes tragen kann, ohne das Hygrometer zu afficiren. Endlich verbreitet der Rauch aus allen Essen eine Menge von brandigem Oel und feinzertheilter Kole, welche das Bleichen innerhalb der Mauern vereitlen. Das brandige Oel ist der Stadtluft charakteristisch und giebt sich in drei Arten dem Geruchsinn zu erkennen, jenachdem mehr mit Holz, Braunkole oder Steinkole gefeuert wird.

§. 4. Was aus den Wohnungen jener Wolke täglich einvereibt wird, würde die Stadtluft ganz verderben, wenn nicht uftwechsel stattfände. Ihn bewirken die Winde, regelmäßiger och die durch den Tageswechsel entstehenden sanften Strömungen, elche die Stadtwolke meistens nach Mitternacht fortschieben und urch freie Luft ersetzen. Große Plätze, breite und gerade Straßen fördern das. Der bei nächtlicher Abkühlung niederfallende Thau iniget die Luft von kolensaurem Gas und zugleich von brandigen elen, die er oxydirt und verharzt. Ebendasselbe bewirkt anltender Regen, noch mehr im Fallen schmelzender Schnee. Das usgeschiedene wird den Gärten zur Pflanzennahrung zugeführt d bewirkt mit die Fruchtbarkeit des Stadtbodens. Hügelstädte ben den Vorzug, daß gährende Stoffe leichter abgespühlt werden. urchlaufende Flüsse erregen fortwährenden Luftzug und ziehen

Digitized by Google

die Stadtluft nach sich, wenn viele Quergassen zum Flusse führen. Auch zahlreiche Springbrunnen tragen etwas zur Luftreinigung bei.

§. 5. Noch verderbter als die Stadtluft ist die Stubenluft, weil die Ursachen der Verderbniß zahlreicher, Wind und Regen aber ausgeschlossen sind. Durch Athmen und Lichtbrennen wird das Sauerstoffgas derselben in kolensaures Gas verwandelt, und nebenbei die Luft mit Wasserdampf beladen. Beim Athmen verbraucht jede Person stündlich 6 Kubikfuß Sauerstoffgas und würde demnach 24 Kubikfuß atmosphärische Luft verderben. Freilich hemmt die Wiedereinmischung des Athems den Fortgang der Luftverderbniß, aber in demselben Maße auch die Reinigung des Blutes. Verbrennendes Oel verzehrt viermal so viel Sauerstoffgas als es selbst wiegt, mithin verdirbt ein Gran Oel schon 30 Kubikzoll Luft. In Sälen, worin bei Bällen u. s. w. viele Lichter brennen, viele Menschen athmen und stark dünsten, wird die Luft bald zum erstickenden Miasma. In Wohnzimmern entwickeln Speisen und warme Getränke Dämpfe von öliger Natur, welche den bezeichnenden Theil der Stubenluft ausmachen, dem Sauerstoffgas anhaften und das Athmen erschweren. Am verderblichsten wirken schlechtziehende Oefen, Tabakrauchen und Kolentöpfe in den Wohnungen der niederen Klasse, füllen sie mit kohligsaurem Gas (XVII, 37) und machen die Lebensluft zur Todesluft.

§. 6. Da wir Städter die Hälfte des Lebens im Zimmer zubringen, so ist für die gemeine Wolfahrt viel daran gelegen die Stubenluft durch Luftwechsel gehörig zu erneuern. Das einfachste Mittel dazu ist das Lüften durch Oeffnen gegenüberstehender Fenster und Thüren vor Sonnenaufgang. Sehr wirksam sind in der Decke angebrachte trichterförmige Dunströhren, die wenigstens in Gesellschaftzimmern für Raucher nicht fehlen dürfen. Im Winter wird der Luftwechsel durch Windöfen kräftig befördert, die deshalb, wo sie irgend anzubringen sind, den Vorzug vor andern verdienen. Bedenkliche Täuschung ist es,

Digitized by Google

enn man die Stubenluft durch Räucherungen zu verbessern
einf. Wol vermögen sie Gerüche zu versüßen, auch Schädliches
nzuhüllen; aber zugleich verlarven sie den Sauerstoff und ver-
hren ihn langsam.

§. 7. Die Luft der Schlafzimmer fordert nicht minder
ufmerksamkeit, da wir sie den dritten Theil des Lebens athmen.
Biewol das Athmen bei gesundem Schlaf gemäßiget wird und
eniger Lebensluft verbraucht, so wird doch die Luftverderbniß
rch die Ausdünstung und durch die mit der Verdauung ver-
üpfte Gasentwickelung ungemein beschleuniget. Die Produkte
r letzteren, besonders Kolewasserstoffgas, Schwefelwasserstoffgas,
chwefelammonium und Schwefelkolenstoff, binden so viel Sauer-
off, daß man bei täglicher Lüftung auf jeden Erwachsenen stünd-
ch 100, im Ganzen 800 Kubikfuß atmosphärische Luft rechnen
uß. Nachtlichter sind möglichst einzuschränken. Blumen im
chlafzimmer anzuhäufen ist eben so unnütz als gefährlich, weil
e mehr kolensaures Gas als Wolgeruch verbreiten, wodurch schon
st Personen erstickt wurden.

§. 8. In der Luft der Krankenzimmer kommen als Aus-
üsse leidender Organe alle Arten von Wasserstoffgas vor. Der
chweiß verbreitet daneben flüchtig gewordene Arzneistoffe. Die
chwierigkeit der Lüftung steigert die Verderbniß. Das daraus
ntstehende Miasma wird aber noch weit gefährlicher durch den von
aut, Kleidung und Betten abgeriebenen feinen Staub, welchem
ertrockneter Eiter und Speichel anklebt. Dieser im Sonnenstrahl
chtbar wirbelnde Staub ist ganz besonders der Träger ansteckender
rankheiten, indem er, von Gesunden eingeathmet, dem Blute
in Gift mittheilt, wodurch Aerzte und Wärter in Gefahr kommen,
er Zustand des Kranken verschlimmert wird, bei dem Genesenden
uch wol Rückfälle entstehen. Die übliche Räucherung mit kochendem
ssig mag oft hinreichend seyn den Giftstaub zu entkräften und
u bewirken, daß er an Wänden hängen bleibe, nebenbei auch
as Ammoniakgas zu zersetzen.

Digitized by Google

§. 9. Die Luft in Hospitälern stellt dieselben Miasmen in fabrikmäßiger Produktion und in furchtbarer Wirkung dar. In Sälen von 50 — 60 Betten tauschen die Kranken Gift gegen Gift ein und die Vermischung gebiert neue, unheilbarere. Räucherungen mit Essig, Wacholderbeeren oder Zucker sind da zu ohnmächtig zur Abhülfe. Künstlich entbundenes Chlorgas zerstört freilich die faulen Dünste, entkräftet auch wol den Giftstaub, ist aber selbst ein tödliches Gift, welches Gesunden und Kranken einen bösartigen trockenen Husten zuzieht. Das beste ist, Krankensäle an der Decke mit Luftsaugpumpen zu versehen, welche durch Wasserräder oder Windflügel im Gange erhalten werden können. Daneben kann man in den Gängen mit gesättigtem Seifenwasser benetzte Tücher aufhängen, um jenen Staub von Bett zu Bett aufzufangen.

§. 10. Die Luft der Werkstätten unterscheidet sich von der gemeinen Stubenluft im Allgemeinen durch feinen Staub, welcher von dem bearbeiteten Körper abgerieben, in dieser stets bewegten Luft schwebend erhalten und von dem lebhaft athmenden Arbeiter mit der Luft eingesogen wird. Manche Sorten von Staub wirken dabei mechanisch verwundend, wie z. B. der unsichtbar feine Glasstaub der Glasschleifereien und der Kieselstaub der Steinhauer; andere chemisch ätzend, wie der Kalkstaub, der Pottaschenstaub, und der Sohllederstaub der Tanzböden; noch andere gährend, wie z. B. der Mehlstaub der Mühlen und Bäckereien, der Schorfstaub vom Schweinhaar u. s. w. Außerdem entwickeln aber viele Gewerbarbeiten besondere Dünste und wahre Miasmen.

§. 11. Alle Feuerarbeiten erzeugen Kolendunst, welcher kolensaures Gas, koligsaures Gas und brandiges Oel mit Stickgas vermischt, aber kein Sauerstoffgas enthält. Er vereitelt das Athmen und verursacht Engbrüstigkeit, wenn er nicht regelmäßig abgeleitet wird. Das Mittel dazu ist eine gutziehende Esse. Der Zweck fordert, daß ihr Mantel so tief herabgehe, als die

Digitized by Google

Arbeit nur erlauben will. Den Abzug befördern trichterförmige Luftlöcher am Boden der Werkstatt, indem sie kältere Luft einbringen. Dagegen bringt das Oeffnen ganzer Fenster und Thüren oft mehr Nachtheil als Nutzen.

§. 12. Bei mehren Gewerben werden fette Oele durch Hitze zum Kochen gebracht und zersetzt, woraus Oeldunst entsteht. Seine Hauptbestandtheile sind koligsaures Gas, Kolewasserstoffgas und brandige Oele. Er umhüllt das Sauerstoffgas der atmosphärischen Luft noch mehr als Kolendunst. Man trifft ihn in Buchdruckereien (wo ihn die Druckfarbe entbindet), in den Stuben der Kuchenbäcker, in den Werkstätten der Zinngießer (wenn sie das fließende Zinn mit Talg oder Harz bedecken), in den Vorrathkammern der Lichtgießer (während die aufgehängten Talgkerzen abtrocknen) und Seifensieder, endlich in Garküchen und Anrichtstuben. Lüften hilft im Sommer, und hoch angelegte Dunströhren führen ihn im Winter ab.

§. 13. Einige Gewerbe entbinden durch Rösten thierischer Körper Brandgeruch oder empyreumatische Dünste, wie z. B. die Bereitung des Beinschwarzes, des Salmiaks, des Berlinblaues u. a. m. Die Bestandtheile des Gestankes, welcher die Umgegend belästiget, sind vornehmlich brandiges Oel, Blausäure, Ammonium und Kolewasserstoffgas, können mithin sämmtlich durch Verbrennung zerstört werden. Die Zwistigkeiten, welche der Brandgeruch erregt, veranlaßten Philipps zur Erfindung eines besonderen Ofens, welcher jenen Dunst aus einem bedeckten Aufsatze durch ein niedergehendes Seitenrohr unter den Rost des Feuerherdes leitet und so dem Feuer zur Zerstörung übergiebt.

§. 14. Manche Bereitungen erzeugen faulige Dünste, z. B. die Arbeiten der Lohgerber, Weißgerber und Leimsieder. Die dabei unvermeidliche Fäulniß thierischer Körper entwickelt viele Arten von Wasserstoffgas, die sehr nachtheilig auf die Gesundheit wirken, wenn man nicht sorgt sie schnell zu entfernen. Fließendes Wasser ist das einfachste Mittel dazu, indem es die faulenden

Digitized by Google

Abgänge in sich aufnimmt und die schon entbundenen Dünste nach sich zieht. Daher verwies ein Gesetz in Rom die Gerber nach dem Ufer jenseit der Tiber, und die neueren Städteordnungen verfügen Aehnliches. Die Nacharbeiten der Lohgerber würzen freilich die Luft mit dem Arom der Lohe und entkräften wol schädliche Ausflüsse durch Umhüllung.

§. 15. Andere Gewerbe entwickeln Schwefeldunst, in welchem schwefligsaures Gas mit Schwefeldampf und Stickgas vermischt ist. Er entsteht theils bei Verbrennung des Schwefels in Schwefelkammern und auf Röststätten, theils durch Zersetzung der Schwefelsäure, z. B. in Färbereien. Durch Gegenöffnungen bewirkter Luftzug entfernt dieses der Brust höchst nachtheilige Miasma größtentheils. In besonderen Fällen ist rathsam Sacklinnen mit Kalkmilch zu tränken und ausgebreitet aufzuhängen, um die schweflige Säure sammt dem Schwefel aufzufangen.

§. 16. Die Anwendung des gelöschten Kalkes erzeugt bei vielen Gewerben Kalkdunst, eine Auflösung ätzender Kalktheile in Wasserdunst. Ihm sind vor allen die Maurer und Tüncher ausgesetzt, aber auch Freskomaler, Stuckaturer, Seifensieder, Gerber. In neugeweißeten Zimmern entbindet sich dieser Dunst wochenlang und verursacht denen, die ihn einathmen, bösartigen Husten und Lungenschwindsucht. Hat er sich in geschlossenen Räumen, wo Luftzug schwierig zu erregen ist, sehr angehäuft, so pflegt man wol Schießpulver abzubrennen; aber einfacher und wirksamer ist die Anzündung eines Schwefelfadens, indem Schwefeldunst und Kalkdunst einander gegenseitig zerstören.

§. 17. Bei denen Gewerben, welche von Bleifirnißen Gebrauch machen, entstehen gefährliche Bleidünste; denn der Oeldunst, welcher sich beim Eintrocknen des Firnisses entbindet, verflüchtiget Bleitheile mit sich. Dieses Miasma verursacht bei denen, die es oft einathmen, ein zunehmendes Zittern aller Glieder, später die furchtbare, tödliche Bleikolik. Am meisten leiden daran die Farbenreiber, nächstdem die Maler, Tüncher, Schreiner und

Digitized by Google

Lackirer, auch die Bewohner von Zimmern, in welchen gefirnißte Arbeiten noch dunsten. Der Bleidunst wirkt noch verderblicher, wenn man Firnisse und Oelfarben zum schnelleren Abtrocknen mit Terpentinöl versetzt. Wenn man die Auflösung der Schwefelleber in Schalen ausstellt, zieht sie den Bleidunst kräftig an und wird schwarz gefärbt, wodurch in manchen Fällen der Gefahr vorgebeugt werden kann. In den Saigerhütten wird bei Verbrennung des Bleies Bleioxyd in kolensaurem Gas aufgelöst verbreitet, dessen süßlicher Dunst den Arbeitern ebenfalls Bleikolik verursacht.

§. 18. Die Kupferarbeiter leiden sehr von Kupferdünsten, weil erhitztes und dadurch oxydirtes Kupfer von dem kolensauren Gas des Kolendunstes aufgelöst und so in der Werkstatt verbreitet wird. Dieser Kupferdunst giebt sich dem Eintretenden durch einen ekelhaft bitteren Geruch zu erkennen. Seine Wirkung auf die Arbeiter zeigt sich zunächst darin, daß Augen, Zunge, Haare, Speichel und Harn grüngefärbt werden. Später folgen Gicht und Auszehrung. Mit Arsenikwasser benetzte Tücher werden in solcher Luft grün gefärbt und könnten, mit Vorsicht angebracht, wol zur Reinigung derselben dienen.

§. 19. Dämpfe vom Arsenik lösen sich leicht im Kolendunste auf und bilden den das Leben rasch verzehrenden Arsenikdunst Von ihm leiden die Arbeiter in Gifthütten und Blaufarbenwerken, überhaupt Schmelzhüttenarbeiter, da die meisten Erze arsenikal sind. In Glashütten erkennt man jenen Dunst deutlich genug an seinem knoblauchartigen Geruche, wenn Arsenik zum Glassatze kommt. Ein ähnliches Miasma entsteht auch von manchen (kiesigen) Steinkolen, wenn sie in schlechtziehenden Oefen gebrannt werden. Im Arsenikdunste wird polirtes Kupfer weiß, wie verzinnt, woran man ihn unzweifelhaft erkennt. Wenn man weißen Kattun mit der Auflösung des Kupfervitriols tränkt und in jenem Dunste ausbreitet, fängt er die Arsenikheile auf und wird grün gefärbt, wovon vielleicht für Bergprobirer einige Hülfe zu erwarten wäre.

Digitized by Google

§. 20. Nicht minder verderblich sind Queckſilberdünſte, welche durch die Auflöſung des Queckſilberdampfs im Kolendunſt entſtehen. Sie häufen ſich in Expeditionſtuben, wo immerfort geſiegelt wird, noch mehr aber beim Auskochen der Barometer und bei der Feuervergoldung der Silber- und Broncearbeiten. Oft eingeathmet, verurſachen ſie Speichelfluß, Zittern und Zehrfieber. In den Mund genommene Goldmünzen fangen die Queckſilbertheile auf, werden davon weiß und verhüten das Einathmen derſelben. Außerdem hilft man dem Uebel in Schreibſtuben durch öfteres Lüften ab. Für die Vergolder erfand Darcet einen Ziehofen, den Fig. 75 darſtellt. Das auf dem Herde ſtehende Kolenbecken A bedeckt ein Trichter B, von welchem ſich ein Rohr C acht Fuß hoch bis in den Rauchfang erhebt. Vorn bei d iſt eine Thür, durch welche man das Abzuglühende einbringt. Das erhitzte Rohr treibt den Dunſt hoch genug in die Eſſe, wo er ſich im Rus anlegt. Die Pariſer Polizei duldet keine Vergolderwerkſtatt ohne Ziehofen.

§. 21. Unter der Erde erzeugt die Gewerbthätigkeit Dünſte, welche in der Kellerluft nur ein Gemiſch von kolenſaurem Gas und Stickgas nachlaſſen. Wein, Bier und Früchte entbinden bei ihrer Gährung koligſaures Gas, welches dann das vorhandene Sauerſtoffgas an ſich reißt und zum kolenſauren Gas wird. Ein ſolches Miasma iſt zwar vortrefflich zur Aufbewahrung der Früchte, ſetzt auch den Gährungen des Weins und Bieres Gränzen, was im Freien nicht ſo leicht zu bewirken iſt; aber denen, die darin athmen, droht es mit dem Tode. In lange verſchloſſenen Kellern ſondert ſich das Luftgemenge und das kolenſaure Gas lagert ſich zu Boden, ſo daß Kinder erſticken, während Erwachſene noch athmen und hoch gehaltene Lichter brennen. Luftſaugpumpen, die vom Boden ſchöpfen, ſind allgemeiner wirkſam als Treppenfeuer, Schießen u. ſ. w.

§. 22. Die Luft in Brunnen beſteht über dem Waſſerſtande mehrentheils nur aus kolenſaurem Gas, welches ſich aus

Digitized by Google

dem zuquellenden Streichwasser entbindet. Es bildet zwischen der oberen Luft und dem Wasser eine unbewegliche, tödliche Mittelschicht. Ohne Vorsicht hinabsteigende Brunnenarbeiter ersticken darin plötzlich, nach einem Schrei. Zeitig Gerettete klagten über stechende Schmerzen und Brennen in der Brust. In derselben Luftschicht werden Trauben, Kirschen und anderes Obst, an Schnuren herabhängend, 5 — 6 Monate lang frisch erhalten. Wie hoch das kolensaure Gas angewachsen, erkennt man durch hinabgelassene Lampen. Will man es herausschaffen, um hinabzusteigen, so geschieht das am einfachsten durch das sogenannte Büscheln. Man hängt Bündel von Stroh und dürren Reisern in Ketten, zündet sie an und fährt damit im Brunnen auf und ab, bis er ganz mit Rauch erfüllt ist. Mit diesem Rauche pflegt das kolensaure Gas dann sich zu heben und oben abzuziehen.

§. 23. Das Element der Bergleute, die Grubenluft, ist mehrentheils verderbt. Füllt atmosphärische Luft die Gruben, so rühmt der Bergmann frische Wetter zu haben. Das ist der Fall, wenn Schächte und Stollen in rechtwinklichter Verbindung stehen, welches natürlichen Luftzug (Wetterwechsel) veranlaßt. Man läßt diesem Zuge nur einen einzigen Gang und schließt die übrigen Strecken so lange durch Wetterthüren. Wo keine Stollen sind, sucht man durch Wetterlotten atmosphärische Luft in die Grube zu bringen. Auf eine im Schacht hinabgehende Röhre setzt man einen großen hölzernen Trichter und kehrt diesen nach dem Winde zu, welcher sich darin fängt und frische Luft einbläst.

§. 24. Wo jener Luftwechsel nicht statt findet, vermindert sich das Sauerstoffgas der Grubenluft durch das Athmen der Menschen, durch ihre Grubenlichter, durch Schießen und Feuersetzen, auch durch Vermodern des Holzwerks, so daß beinah nur Stickgas mit ¼ kolensaurem Gas zurückbleibt, welche Mischung man matte Wetter nennt. Man erkennt sie schon an der Wärme und am Dunkelbrennen der Lichter. Die Arbeiter ermatten

Digitized by Google

darin, werden auch wol ohnmächtig, wie in verderbter Stubenluft. Man sucht diese matten Wetter durch Luftsaugpumpen (Wetterpumpen) oder durch Wetteröfen herauszuziehen, in welchem Falle frische Wetter an ihrer Stelle einziehen.

§. 25. In Kolengruben wird unter Einsaugung des Sauerstoffgases oft kolensaures Gas in solcher Menge entbunden, daß es die Strecken beinah ganz erfüllt. Es lagert sich gern auf dem Boden, so daß man über ihm noch athmen und leuchten kann. Der Bergmann nennt das schwere Wetter. Auf tiefen Stollen ziehen sie gern über dem Wasser ab. Wo sie sich zu sehr anhäufen, ersticken die Arbeiter, wie in Brunnenluft. Kann man sie zeitig genug an die freie Luft bringen, so erholen sie sich ohne weiteren Nachtheil, früher noch, wenn man sie einen Augenblick in kaltem Wasser untertaucht, oder damit übergießt.

§. 26. Die Rettung der Verunglückten aus bösen Wettern macht nothwendig, daß der Rettende sich hineinbegebe. Zu seiner Sicherung hat man besondere Geräthe erfunden, welche Herr von Humboldt noch vor seinen Reisen wesentlich vervollkommnete. Die wichtigsten sind eine Vorrichtung zum Athmen frischer Luft aus Schläuchen und die Rettunglampe, welche Fig. 76 vorstellt. Sie enthält drei Kammern, die Wasserkammer A, die Luftkammer B und die Oelkammer C. Die Röhre os verbindet die mit Sauerstoffgas gefüllte Luftkammer mit der Flamme, indem sie durch den Docht geht. A ist mit Wasser gefüllt, welches durch d abtröpfelt, wenn man den Schieber e öffnet, wodurch die Luft zur Flamme fortgeschoben und diese hell leuchtend unterhalten wird, wenn auch die umgebende Luft ganz verderbt ist.

§. 27. In manchen Gruben wird Wasser durch Schwefelmetalle zersetzt und Wasserstoffgas entbunden, welches sich bei ruhiger Grubenluft über derselben lagert, weshalb der Bergmann solche Luftmassen leichte Wetter nennt. Unter die schwimmende Schicht niedergebeugt kann er athmen und leuchten. Die leichten Wetter ziehen gern durch den Schacht ab, wenn Luftzug vom

Digitized by Google

Stollen aus erregt wird. Mit frischen Wettern vermischt bilden sie Knallgas oder schlagende Wetter, die sich bei Berührung eines Lichts mit fürchterlichen Explosionen entzünden. Man braucht die Vorsicht sie zeitig zu verbrennen, ehe sie sich zu bedeutenden Massen ansammlen. Haben sie schon überhand genommen, so verhütet man beim Durchgehen mit Licht ihre Entzündung durch Davy's Grubenlaterne. Ihr Licht brennt in einem Gehäuse von feinem Drahtgitter, welches die Wärme der Flamme schnell zerstreut und das umgebene Knallgas nicht leicht zur Entzündung kommen läßt.

§. 28. In den meisten Erzgruben leiden die Bergleute von metallischen Dünsten, welche Schwaden, Moufettes genannt werden. Es sind matte Wetter, vermischt mit Auflösungen der Metalle in kolensaurem Gas. Sie sind nicht brennbar, auch nicht schnell tödend, wirken aber nach und nach auf die Gesundheit der Arbeiter als schleichende Gifte, ähnlich den §. 17 — 20 beschriebenen Miasmen, erregen Speichelfluß und Zittern in den Queckfilbergruben, Bleikolik in Bleigruben u. s. w. Die Zerstörung dieser schädlichen Dünste würde durch tägliches Besprengen der Wände mit Kalktünche zu bewirken seyn, weil man den giftigen Metallen dadurch das Auflösungmittel entzöge.

§. 29. Furchtbarer noch sind die brennbaren Schwaden, Ballons oder Bergmännchen, welche aus Wasserstoffgas bestehen und giftige Metalle, mehrentheils Arsenik, aufgelöst enthalten. Oft sind sie mit Metalltheilen so sehr beladen, daß sie als dichte graue Nebel sichtbar in der Grubenluft schweben. Sie erscheinen als ballförmige Wölkchen, anfänglich klein wie eine Nuß, dehnen sich zur Größe eines Menschenkopfs aus und heben sich zugleich, zertheilen sich auch wol wie Spinnengewebe durch die Grube. Wer ihnen nah kommt, spürt einen süßen Geschmack und wird betäubt, daß ihm Gesicht und Gehör vergehen. Bald erstarren Hände und Füße, und er fällt todt um. Die Kleider der Verunglückten haben nachher einen widrigen Knoblauchgeruch. Ganze

Digitized by Google

Ballons brennen mit Flamme, zertheilte aber mit Explosion ab, wenn man sie durch hingeleiteten Pulverzwirn entzündet.

§. 30. Die unterirdischen Abzüge des Unraths großer Städte hegen nicht minder verderbliche Miasmen, welche man überhaupt Kloakluft nennt. Die Erfahrungen der Kloakfeger haben drei verschiedene Arten derselben kennen gelehrt. Die gemeine, welche überall in solchen Räumen angetroffen wird, ist ein Gemenge von Stickgas, kolensaurem Gas und Kolewasserstoffgas. Sie ist nicht brennbar, aber erstickend, und Lichter verlöschen darin. Sie hat einen faden, mannigfaltig abgeänderten Geruch. In Vermischung mit atmosphärischer Luft eingeathmet, erregt sie Kopfschmerz.

§. 31. Eine zweite Art ist die beißende Kloakluft, französisch la Mitte genannt. Sie entsteht im Sommer bei zunehmender Hitze aus dem faulenden Harn, vornehmlich da, wo Flüssiges still steht, und entwickelt sich bei Gewitterluft. Ihr Hauptbestandtheil ist Ammoniumgas, worin Kole, Schwefel, Phosphor und andere Stoffe aufgelöst sind. Beim Ausschöpfen des Flüssigen enthindet sie sich schnell, erregt den Arbeitern Nießen und Thränen der Augen, tödet sie auch bei längerem Verweilen. Zeitig herausgebracht, leiden sie an schmerzlichen Augenentzündungen und verlieren das Gesicht auf mehre Tage, zuweilen für immer. Dieses Luftgemisch ist brennbar, und wenn es sich an den Mündungen mit atmosphärischer Luft vermischt, brennt es bei Berührung eines Lichts mit einem Schlage ab.

§. 32. Die dritte und gefährlichste Sorte ist die berauschende Kloakluft, französisch le Plomb genannt. Ihr Hauptbestandtheil ist Stickstofforydgas, XVII, 26. Sie entsteht mit der beißenden unter gleichen Umständen, aber nicht im Flüssigen, sondern in der festen Masse des Koths, wenn er eine Kruste bekommt, auch in dem schwarzen Bodensatze des Flüssigen, vornehmlich in den Winkeln viereckter Kloake, verhält sich darin lange und verbreitet sich erst beim Wegräumen des Festen. Sie hat keinen auffallenden Geruch, der die Arbeiter warnen könnte, und

Digitized by Google

die Lichter brennen darin hell genug, wodurch jene noch sicherer werden und um so mehr in Gefahr kommen. Wenn sie das Miasma einige Zeit eingeathmet haben, schreien sie vor heftigem Schmerz im Innern laut auf und fallen todt um. Die sich zeitig genug ins Freie retten, plaudern tolles Zeug, lachen, springen, tanzen und geberden sich wie wahnsinnig, bis eine Ohnmacht den Rausch beendet.

§. 33. Wenn die Kloake wol im Stande erhalten, durch hineingeleitetes Regenwasser ausgespühlt und oft genug ausgeräumt werden, besonders bei Nacht, so ist für die Gesundheit der Städter, und bei gehöriger Vorsicht selbst für die Feger, wenig zu besorgen; außerdem aber verpesten sie zunächst die Luft der Wohnungen und können furchtbare Seuchen veranlassen. Mehre Städte stellen davon warnende Beispiele auf. In Philadelphia hat die erste fehlerhafte Anlage brunnenförmiger Kloake ohne Abzug in 150 Jahren eine solche Luftverderbniß erzeugt, daß die Stadt nur im Winter noch bewohnbar ist, im Sommer aber viele Familien aufs Land flüchten müssen. Die vortrefflichen Kloake des alten Rom wurden im Mittelalter verabsäumt, verstopften sich und verfielen, wodurch die Sterblichkeit mit Riesenschritten zugenommen hat, so daß einige Quartiere als verpestet gemieden werden und nur noch von Armen bewohnt sind.

§. 34. Die endliche Entmischung der Thierkörper erzeugt in eingeschlossenen Räumen die Gräberluft, welche sich in Grabgewölben zu tödlichem Qualm verdichtet, aus Kirchengräbern hervordringt und dann noch in der Verdünnung böse Fieber erzeugt. Im Allgemeinen besitzt sie die bedenkliche Eigenschaft, der atmosphärischen Luft ihr Sauerstoffgas zu rauben, das Athmen zu vereitlen und Ohnmachten zu verursachen. Zahlreiche Erfahrungen dieser Art sind Veranlassung gewesen, daß das Begraben in Kirchen nach und nach abgestellt wurde. Ihrer Mischung und Wirkung nach unterscheidet man zwei besondere Arten, welche in verschiedenen Perioden der Auflösung ihren Ursprung haben.

Digitized by Google

§. 35. So lange der Leichnam feucht genug ist, entbindet er unter Einwirkung freier Wärme in beschleunigter Fäulniß den Leichengeruch. Die Grundlage desselben ist Wasserstoff, durch Zersetzung des Wassers entbunden. In ihm lösen sich Stickstoff, Kolenstoff, Schwefel und Phosphor auf und bilden ein Gemenge von Ammoniumgas, Kolewasserstoffgas, Schwefelwasserstoffgas, Phosphorgas, Schwefelkolestoff und Schwefelammonium. Dieses Miasma häuft sich zunächst in den drei Hölen der Leiber und schwellt den Bauch bis zum Berſten. Die Substanz der letzten Heilmittel mischt sich dazu und ansteckende Krankheitgifte schwimmen unzersetzt darin. Unvermischt eingeathmet bringt dieser Dunst gewissen Tod, oft auf der Stelle. Die ganze Masse ist brennbar und wegen des Phosphorgases zuweilen selbstentzündlich, woher bei ihrem Ausburch ins Freie die sogenannten Grablichter entstehen. Auch Chlorgas zersetzt sie größtentheils, weshalb rathsam ist Glasflaschen mit Chlorwasser in die geöffneten Grabgewölbe zu werfen, ehe man sich hineinwagt.

§. 36. Wenn die Feuchtigkeit der Kadaver zerstört ist, so verzehrt sich der schwarze Rückstand langsamer durch Verwesung unter Modergeruch. Kolenstoff und Stickstoff entwickeln sich nun mit dem zu ihrer Sättigung nicht hinreichenden Sauerstoff des zersetzten Wassers und mit Wärmestoff als Kolestofforydgas und Stickstofforydgas. Auch dieses Miasma tödet augenblicklich, wenn es unvermischt eingeathmet wird. Wo es beim Ausbruche Sauerstoffgas antrifft, verschluckt es dasselbe und beide Gase verwandlen sich, ersteres in kolensaures Gas, letzteres in Salpetergas, später zerfallend in Salpetersäure und Stickgas. In diesem Zustande ist das Gemenge noch immer unathembar, wirkt aber doch nicht schnell tödend.

§. 37. Die Miasmen der Fäulniß und der Verwesung würden weit mehr verderbliche Wirkungen hervorbringen, wenn sie nicht glücklicherweise da, wo sie zusammentreffen, einander wechselseitig zerstörten; denn Kolensäure und Salpetersäure verbinden sich mit

Digitized by Google

dem Ammonium zu festen Salzen und fällen dann auch die darin aufgelösten Stoffe. Hierauf beruht hauptsächlich der Nutzen der Beerdigung, indem man den faulenden Leichnam mit der ausgegrabenen Verwesungmasse sechs Fuß hoch locker überdeckt. Die verwesende Decke saugt Sauerstoffgas ein und bildet Säuren, welche wiederum das von unten durchdringende flüchtige Laugensalz binden und den Leichendunst unschädlich machen. Die Masse der entmischten Körper bleibt auf diese Weise im Schooß der Erde zurück und erzeugt die unerschöpfliche Fruchtbarkeit der Friedhöfe.

§. 38. Aus obigen Sätzen fließen folgende Hauptregeln über die Anlage und Haltung der Todtenhöfe. Hat man die Wahl des Orts, so ist ein freier Hügel an der Nordseite der Stadt vorzuziehen, weil dann die Sommerwinde etwa durchdringende Dünste abwärts führen. Da der Todtenhof viel Sauerstoffgas verbraucht, so veranlasse man, daß er es selbst erzeuge, halte ihn demnach als vierschürige Wiese und besäe jedes neue Grab mit Heusamen. Weil das Gras nur im Sonnenscheine Lebensluft entwickelt, entferne man Bäume, Gebüsch und Mauern. Lustgärten darauf anzulegen ist eine bedenkliche Verzierung. Man wende kein Grab eher um, bis die Fäulniß ganz vollendet ist, wozu gewöhnlich 25 — 30 Jahre erfordert werden. Die Zahl der Grabgewölbe ist durch hohe Preise möglichst einzuschränken. Man dulde keine Luftlöcher an denselben, weil aus ihnen jenes süßliche Miasma der Fäulniß nach warmen Tagen wie Wasser abfließt. Vielleicht wären diese Ausflüsse da, wo jener Mißbrauch nicht abzustellen seyn möchte, durch aufgesetzte Platinzünder (XVII, 49) zu zerstören.

§. 39. Fäulniß unter Wasser erzeugt die sogenannte Sumpfluft, welche man in Sümpfen durch Aufrühren des Schlammes unter einem Trichter in wasservolle Flaschen auffangen kann. Wo nur Pflanzenkörper faulen, besteht sie größtentheils in Kolewasserstoffgas und koligsaurem Gas; wo aber thierische Körper mit verfaulen, mischen sich die im Wasser nicht löslichen Produkte

Digitized by Google

der thierischen Fäulniß bei, namentlich Schwefelkolenstoff und Phosphorgas. Letztere verschlimmern den Geruch der Sumpfluft, werden aber dadurch nützlich, daß das Phosphorgas sich an der freien Luft entzündet und dann jene mit zerstört, weshalb in Sumpfgegenden an Sommerabenden häufig Irrlichter gesehen werden.

§. 40. Was von der Sumpfluft nicht verbrennt, vermischt sich mit der atmosphärischen Luft und beraubt sie ihres Sauerstoffgases nicht minder, nur unmerklich. Zum Athmen ist eine solche Luft nicht eben untauglich, vollbringt aber die Reinigung des Blutes nicht, verunreinigt es wol selbst und erzeugt jene endemischen Fieber unter den Anwohnern der Sümpfe. Die pontinischen Sümpfe, die Salinen bei Cervia, der Nilschlamm und die Lachen um Batavia wirken in dieser Art höchst verderblich auf die Gesundheit. Nichts hilft das tägliche Blumenstreuen in Batavia. Durch Auffüllen der Sümpfe wird das Uebel nur verschlimmert; denn dadurch entsteht Gräberluft. Nur Abgraben des stehenden Wassers kann der Luftverderbniß gründlich abhelfen. Im Freien angezündete Feuer mögen die Anwohner unter dem Winde schützen, weil sie die Sumpfluft anziehen und theils zerstören, theils in die Höhe treiben.

Digitized by Google

Zweite Abtheilung.

XIX. Licht.

§. 1. Der Augenreiz, welchen wir Licht nennen, wird in verschiedenen Graden der Stärke empfunden, deren höhere die Ausdrücke: blendendes Licht, Klarheit (veraltet) und Helle bezeichnen. Geringere nennen wir Dämmerung, Schimmer und Dunkelheit, gänzlichen Mangel an Licht aber Finsterniß. Insofern das Licht sinnlich wahrgenommen wird, auch erweislich andere Körper berührt von ihnen zurückgestoßen wird, müssen wir es für körperlich achten. Da ferner die Erscheinung des Lichtes von keinem der sonst bekannten Körper abhängig ist, namentlich nicht von der Luft, indem das Licht den luftleeren Raum des Barometers ebenso wie die Luft durchdringt, so sind wir berechtiget es als die Wirkung eines besonderen Körpers zu halten, welcher Lichtstoff oder Aether genannt wird, höchstfein, d. h. vollkommen dehnsam, unsperrbar und ohne Schwere ist.

§. 2. Urplötzlich, wie Licht aus Finsterniß entsteht, verschwindet es auch, sobald die Ursach weggenommen wird, und ohne Uebergang tritt Finsterniß an seine Stelle. Aus diesem augenblicklichen Aufhören der weite Räume füllenden Lichterscheinung kann nicht geschlossen werden, der Stoff des Lichts sey gar nicht mehr vorhanden, sondern nur, daß er unwirksam geworden. Daraus entsteht der Begriff, daß der Lichtstoff, ähnlich dem Wärmestoff, unter gewissen Umständen gebunden, d. h. durch Anziehungen festgehalten werde, die Lichterscheinung aber Wirkung des freien Lichtstoffes sey, so wie Wärme die des freien Wärmestoffes

Digitized by Google

§. 3. Das Licht geht von gewissen Körpern aus, die man leuchtend nennt. Ob sie Lichtstoff ausströmen, oder gebundenen frei machen, ist unentschieden. Wir kennen sechs verschiedene Arten des Leuchtens. Die allgemeinste Quelle des Lichts sind die Sonnen oder Fixsterne, die seit Aeonen leuchten, ohne sich zu erschöpfen, oder nur an Kraft merklich abzunehmen. Die nächste erscheint wie von schwimmenden, hier und da durchbrochenen Lichtwolken umgeben.

§. 4. Auf unserm Erdball entsteht das Licht meistens da, wo brennbare Körper durch Feuer zerstört werden. Die Stärke des Lichts hängt dann von der Lebhaftigkeit der Verbrennung ab, wie denn Verbrennungen in Sauerstoffgas ein weit blendenderes Licht verbreiten als die in gemeiner Luft, der Phosphor aber bei gewöhnlicher Wärme nur matt leuchtet, phorphorescirt. Verbrennende Metalle leuchten nach Maßgabe der Hitze mit rothem, gelbem oder weißem Lichte. Aber auch nicht brennbare Körper, wie Glas, Porcellan, Kiesel, Thontiegel und edle Metalle, leuchten in hoher Glut, ohne wesentlich verändert zu werden, so lange der zum Rothglühen oder Weißglühen erforderliche Hitzegrad anhält, für welchen daher die Art des Leuchtens als technisches Merkmal dient.

§. 5. Auch ohne Hitze entsteht oft Licht, in schnell vorübergehender Erscheinung, durch heftige Bewegung, Druck und Stoß, als wenn gleichsam Licht ausgepreßt würde. So erzeugt z. B. die Lösung der Windbüchse im Dunkeln einen deutlichen Lichtschimmer, und ein ähnlicher wird bei plötzlichem Zusammendrücken der Luft, des Wassers und der Oele wahrgenommen. Harte Körper sprühen Funken beim Zusammenstoßen, z. B. zwei Kieselsteine, zwei spanische Röhre, zerspringende Glastropfen, brechender Kandiszucker u. s. w. Dieses Funkenlicht steht meistens mit der Elektricität in Verbindung.

§. 6. Chemische Mischungen und Entmischungen sind nicht selten mit Lichtentwickelung verbunden. Gebrannter

Digitized by Google

Kalk sprüht Funken beim Löschen und ähnliches bemerkt man bei vielen Auflösungen der Metalle und Erden in verdichteten Säuren. Das Leuchten des faulen Holzes, des faulenden Harns, gefrorener Kartoffeln, fauler Krebse und Fische ist wahrscheinlich Wirkung des Phosphorgases, welches aus jenen Körpern durch Fäulniß unsichtbar entbunden, durch Verbrennung sichtbar wird; denn im Stickgas und Wasserstoffgas hören sie auf zu leuchten.

§. 7. Sehr oft ist im Thierreiche Lichtentwickelung mit erhöhter Thätigkeit des Lebens verbunden. So leuchten Johanniswürmchen, Asseln und Regenwürmer zur Zeit ihrer Begattung. Den meisten Geschöpfen des Meeres scheint dieses Leuchten zuzukommen, und manche zeigen es in hohem Grade. Die Bohrmuschel leuchtet durch einen ausschwitzenden Schleim so stark, daß man bei Nacht dabei lesen kann, und im Finstern zerquetscht, sprüht sie Funken, oder vielmehr leuchtende Tropfen. In Milch gelegt, macht sie diese hellleuchtend; aber Honig leuchtet davon jahrlang. Von Billionen leuchtender Medusen schimmert das Meer zwischen den Wendekreisen.

§. 8. Das Licht verbreitet sich von dem leuchtenden Körper aus nach allen Seiten, was man Scheinen nennt, und zwar in geraden Linien oder Strahlen, welche anschaulich werden, wenn die Sonne durchs Fenster in ein mit Dampf, Rauch oder Staub erfülltes Gemach scheint. Dringt das Licht von einem einzelnen Punkte aus durch eine enge runde Oeffnung in den verdunkelten Raum, so entsteht ein Strahlenbündel, welches sich kegelförmig erweitert, an der senkrechten Hinterwand einen Kreis, schief aufgefangen Kegelschnitte zeigt. Leuchtende Flächen senden von jedem Punkte einen solchen Strahlenkegel aus.

§. 9. Je weiter ein Strahlenkegel fortgeht, je mehr also seine Grundfläche vergrößert wird, desto mehr wird die Stärke des Lichts durch die Ausbreitung vermindert. Genauer sagt man: die Lichtstärke nimmt ab, wie die Quadrate der Entfernung vom Lichte zunehmen. Das Dreieck man Fig. 77

stelle den Strahlenkegel vor, welcher durch die Oeffnung a der Wand op eindringt. Man theile die Achse des Kegels in die gleichen Theile ab, bc, cd, de und denke sich, daß in b, c, d oder e eine Fläche den Strahlenkegel auffange, so werden sich die Linien fg, hi, kl und mn, als die Durchmesser der Grundflächen, unter einander verhalten wie ihre Achsen ab, ac, ad, ae, d. h. wie 1, 2, 3, 4. Die Grundflächen verhalten sich aber wie die Quadratzahlen ihrer Durchmesser, also wie 1, 4, 9, 16. Demnach wird dieselbe Lichtmenge, welche in b die Fläche des Durchmessers fg bescheint, in c eine viermal so große Fläche bescheinen, mithin nur mit $\frac{1}{4}$ derselben Stärke, in d mit $\frac{1}{9}$, in e mit $\frac{1}{16}$ u. s. w. Unmittelbare Anwendung findet dieses Gesetz bei dem Arbeiten vor Kerzenlicht.

§. 10. Das strahlende Licht pflanzt sich mit einer Geschwindigkeit fort, die man vordem für unendlich hielt, bis die Astronomen sie seit 1675 auf das Millionenfache der Geschwindigkeit des Schalles bestimmten. In einer einzigen Sekunde legt der Lichtstrahl 45,000 Meilen zurück, welches beinah die Entfernung des Mondes ausmacht. Diese Geschwindigkeit bleibt sich in den folgenden Sekunden gleich und vermindert sich nicht mit der Stärke des Lichts. Die Zeit, welche das Licht braucht, um auf der Erde hin von einem Ort zum andern zu kommen, ist daher für nichts zu rechnen. Vgl. IX, 12. Man benutzt diese ungeheure Geschwindigkeit zur schnellen Verbreitung verabredeter Nachrichten durch Signalfeuer, wie auch die Wirksamkeit der Telegraphen ebendarauf beruht.

§. 11. In vielen Körpern, gasigen, tropfbaren und festen, wird das strahlende Licht nicht aufgehalten, sondern durchgelassen, welche Eigenschaft wir Durchsichtigkeit nennen. Vollkommen durchsichtige Körper würden unsichtbar seyn. An den sichtbaren unterscheidet man drei Grade der Durchsichtigkeit. Solche Körper, hinter welchen man Gegenstände unter dem Lichte deutlich erkennt, nennen wir vorzugweise durchsichtig, z. B. Wasser, Glas,

Digitized by Google

Bergkrystall, Diamant, Luft u. s. w. Wenn man Gegenstände hinter ihnen zwar sieht, aber nicht deutlich erkennt, heißen sie halbdurchsichtig, z. B. dünne Scheiben von Horn und Kalcedon, Oelpapier und ausgespannte Blase. Lassen sie zwar Licht durch, aber kein Bild, so daß man Gegenstände hinter ihnen gegen das Licht hin nur als Schatten gewahrt, so heißen sie durchscheinend, z. B. Papier, Email, Porcellan u. s. w. Sehr viele Körper sind nur an den Kanten, oder in dünnen Scheiben durchscheinend.

§. 12. Die Durchsichtigkeit ist nicht von dem Grade der Dichtigkeit abhängig, wie denn Luft, Oel, Wasser, Krystall und Diamant sehr ungleiche Dichtheit besitzen; wol aber ist gleichförmige Dichtheit Bedingung derselben. Daher ist z. B. geschmolzener Wallrath durchsichtig, nicht der krystallisirte. Basalt und andere undurchsichtige Steinarten schmelzen zu durchsichtigen Gläsern. Der Hydrophan wird durchsichtig, wenn er Wasser einsaugt. Trüber Bernstein wird durch taglanges Kochen in Leinölfirniß so durchsichtig, daß er zu Brillen und Prismen verarbeitet werden kann. Papier wird durch Tränken mit Oel brauchbar zum Durchzeichnen.

§. 13. Vollkommene Gleichartigkeit der Theile hat gewöhnlich gleichförmige Dichtheit, also auch Durchsichtigkeit zur Folge. Daher wird trübes Flüssige durchsichtig, wenn man durch Filtriren die darin schwimmenden ungleichartigen Theile absondert. Daher schließen wir umgekehrt in der Kunst und im Handel sehr oft von dem Grade der Durchsichtigkeit auf die Reinheit, d. h. auf Gleichartigkeit der Theile, z. B. bei Wasser, Oelen, Wein, Essig, Bier, krystallisirten Salzen, Gals u. s. w. Flüssige Waaren steigen mit Recht im Preise nach dem Verhältniß ihrer Klarheit, weil das trübende Fremdartige leicht Entmischungen veranlaßt, mithin die Haltbarkeit vermindert.

§. 14. Beim Durchgange wird das Licht in Körpern desto mehr geschwächt, je dicker sie sind, zumal wenn sie aus getrennten

Digitized by Google

Lagen bestehen. Daher werden Frauneis und Glimmer durchsichtiger, wenn man sie in dünne Blätter spaltet, und im Gegentheile werden sehr durchsichtige Körper bei vergrößertem Durchmesser minder durchsichtig. Eine drei Zoll starke Platte vom reinsten Krystallglase vermindert das durchgehende Licht um die Hälfte. Sechs Scheiben geschliffenes Spiegelglas, die zusammen einen Zoll dick sind, lassen nach Bouguer nur den vierten Theil des einfallenden Lichtes durch. Das klarste Seewasser schwächt das Sonnenlicht in einer Tiefe von 20 Fuß um die Hälfte; in einer Tiefe von 680 Fuß herrscht aber Finsterniß, wenn schon die Sonne hell scheint.

§. 15. Die meisten Körper unterbrechen den Fortgang der Lichtstrahlen ganz, so daß nur die nebenhin gehenden weiter kommen, und heißen deshalb undurchsichtig. Ganz undurchsichtig sind die Metalle, welche das Licht gar nicht einlassen, daher auch in dünnen Blättern ausschließen, wenn sie nicht durchlöchert sind, was freilich beim Blattgold oft der Fall ist. Viele andere Körper sind in dünnen Blättern durchscheinend; ein vergrößerter Durchmesser schwächt aber den Durchschein und macht sie undurchsichtig. Holz, Horn, Alabaster und viele andere Körper sind auf diese Art nur bedingt undurchsichtig.

§. 16. Hinter einem undurchsichtigen, vom Licht beschienenen Körper entsteht ein Schatten, d. h. Mangel an Licht. Im engeren Sinne nennt man so die nicht beschienene Stelle eines anderen dahinterstehenden Körpers. Der Schatten würde vollkommene Finsterniß seyn, wenn er nicht anderswoher beschienen würde; aber im Freien wird die Versinsterung durch Seitenlicht zur Dämmerung. Die Figur des Schattens ist der des beschattenden Körpers ähnlich, weil die nebenhin gehenden Strahlen geradlinig laufen, folglich unter unveränderten Winkeln zusammentreffen, wenn der Schatten senkrecht aufgefangen wird. Darauf beruht das Aufnehmen der Schattenrisse.

§. 17. Oft versteht man unter dem Worte Schatten auch den nicht durchschienenen Raum zwischen dem beschattenden und

Digitized by Google

beschatteten Körper; aber sicherer bezeichnet ihn der Ausdruck Schattenwurf. Die Form und Größe des Schattenwurfs hängt von dem Größenverhältniß des leuchtenden und des beschattenden Körpers, wie auch von der Entfernung des letztern von dem beschatteten ab.

§. 18. Geht das Licht entweder von einem leuchtenden Punkte aus, oder von einem Körper, der viel kleiner ist als der beschienene, z. B. von einem Kerzenlicht, so erweitert sich der Schattenwurf, und statt des aufgefangenen Strahlenkegels entsteht ein Schattenkegel, oder eine Schattenpyramide. Der Schattenriß wird desto größer, je näher der leuchtende Körper dem beschattenden gerückt wird, oder auch, je weiter man den beschattenden Körper von der Wand entfernt, welche den Schatten auffängt. Im letzteren Falle wächst er mit dem Quadrate der Entfernung.

§. 19. Wenn zwei leuchtende Punkte einen undurchsichtigen Körper bescheinen, so werfen sie zwei Schatten, die einander durchkreuzen. Das eine Licht beleuchtet den Schatten des andern, und das hellere Licht vermindert ihn mehr; der dunklere Schatten gehört also dem helleren Lichte zu. Die Dunkelheit beider Schatten läßt sich am besten vergleichen, wenn man sie unmittelbar neben einander fallen läßt. So entsteht eine brauchbare Lichtprobe, um die Lichtstärke verschiedener Kerzen zu vergleichen. Man stellt zwei gleichgeputzte Kerzen in gleicher Höhe auf den Tisch, breitet einen Bogen weißes Papier dazwischen aus, legt darauf in gleicher Entfernung von beiden Lichtern ein breites Messer auf den Rücken der Klinge, und vergleicht die Schatten auf beiden Seiten der Klinge. Werden zwei sehr ungleiche Schatten dadurch gleich, daß man statt der einen Kerze zwei aufstellt, so folgt daraus doppelte Lichtstärke der einfachen. So ist es leicht viele Kerzen je zwei und zwei zu vergleichen und darnach ihre Lichtstärke in entsprechenden Zahlen auszudrücken.

§. 20. Leuchtende Flächen sind nach §. 8 als viele leuchtende Punkte zu betrachten. Ist der leuchtende Körper ab Fig. 78

größer als der beschattende cd, so entsteht ein Schattenwurf, der sich kegelförmig oder pyramidal verengt und endlich in einen Punkt m zusammenläuft. Der tiefe Schatten, welcher dadurch auf die Fläche eines dritten Körpers ef geworfen wird, der sogenannte Kernschatten, gh, ist desto kleiner, je näher an der Spitze des Schattenkegels er aufgefangen wird. Diese vom Größenverhältniß und der Entfernung abhängige Verkleinerung ist Ursach, daß der Schatten des Mondes nicht die ganze Erdkugel bedeckt und daher Sonnenfinsternisse nicht überall sichtbar sind, wol aber Mondfinsternisse total seyn können.

§. 21. Um den Kernschatten her entsteht in demselben Falle ein blasser Schatten, ig und hk, den man Halbschatten nennt. Er ist deshalb heller, weil er von einem Theile der leuchtenden Fläche beschienen und von einem andern beschattet wird. So wird z. B. ganz hk von b aus beleuchtet, und der Rand k des Halbschattens von lb. Daraus erklärt sich zugleich, warum der Halbschatten nach dem Kernschatten zu immer dunkler wird und sich in den Kernschatten verläuft, wenn das Licht nicht sehr stark ist, so daß bei bedecktem Himmel kein Halbschatten unterschieden wird. Jenseit m würde gar kein Kernschatten statt finden, sondern nur ein ungewisser, ringförmiger Halbschatten. So wirft die Lichtfläche des Fensters von einer aufgehängten Kugel keinen merklichen Schatten an die weit genug entfernte Wand. Die Hüttenarbeiter stehen vor großen Feuerherden schattenlos, welche Eigenschaft ein witziger Kölerglaube dem Teufel und seinen Verbündeten zuschrieb.

§. 22. Wenn eine leuchtende Fläche, z. B. eine äußere Thür, wie ab Fig. 79 durch eine enge Oeffnung c in einen finsteren Raum scheint, so entstehen von den Lichtstrahlen, welche sich in der Oeffnung durchkreuzen, zwei Strahlenkegel acb und dce und die hintere Wand wird in der Fläche des Durchmessers de beleuchtet, d nur von b aus, e nur von a. Ebenso durchkreuzen sich die mittleren Strahlen, und wenn ein beschattender Körper f

Digitized by Google

außen dazwischen tritt, wird sein Schatten in g verkehrt dargestellt. Diese in Gebäuden oft vorkommende Schattenverkehrung, welche man wol camera obscura nennt, findet minder deutlich in allen Zimmern statt, deren Fenstern Wände gegenüberstehen, und das ist es, was der Maler falsches Licht und falsche Schatten nennt, weshalb ihm nicht jedes Zimmer zur Werkstatt dienen kann.

§. 23. Das Licht, welches undurchsichtige Körper auffangen, wird von ihnen zurückgeworfen, reflektirt, behält seine strahlende Dehnbarkeit bei und bildet von jedem Punkte aus einen neuen Strahlenkegel, wodurch es noch mehr geschwächt wird, weshalb z. B. das Licht des Mondes in Vergleichung mit dem Sonnenlichte nur matt wirkt. Die erleuchtete Fläche scheint übrigens wie eine leuchtende und wirft auf ähnliche Weise Schatten. Die Zurückstrahlung beleuchteter Körper in unser Auge ist die Ursach und Bedingung der Sichtbarkeit. Durchsichtige Körper sind nur in so weit sichtbar, als sie einiges Licht zurückwerfen. Die Zerstreuung der zurückgeworfenen Strahlenkegel bewirkt, daß ein Körper in allen Richtungen sichtbar wird. Stellen, von denen kein Licht zurückkommt, sehen wir eigentlich nicht, sondern unterscheiden sie nur von der sichtbaren Umgebung, z. B. ein Loch in der Wand, ein Schiff auf hoher See, eine Mondfinsterniß.

§. 24. Wenn wir einen Körper durch Zurückstrahlung sehen, so gelangt von dem Strahlenkegel jedes Punktes ein Strahl in das Auge und diese Strahlen vereinigen sich im Auge zu einem neuen Strahlenkegel. Die Strahlen vom Umfange bilden einen Winkel, den sogenannten Sehwinkel, von dessen Größe es abhängt, wie groß ein Gegenstand erscheint. Daher kommen uns Körper von gleicher Größe nur dann gleich groß vor, wenn sie in gleicher Entfernung stehen; aber Körper von sehr ungleicher Größe erscheinen als gleich groß, wenn sie in verhältnißmäßiger Entfernung stehen. Die Linie dc Fig. 80 sey in l, m und n geviertheilt, so werden die Körper, deren Durchmesser ab, ef gh und ik sind, von c aus gesehen, alle gleich groß erscheinen,

Digitized by Google

wiewol ihre Durchmesser sich verhalten wie 4, 3, 2, 1 und ihre Flächen wie 16, 9, 4, 1.

§. 25. Ein und derselbe Körper erscheint desto kleiner, je weiter er vom Auge entfernt wird, weil dann der Sehwinkel spitzer wird. So erscheint z. B. der Körper ab Fig. 80 in l unter dem Sehwinkel alb, in c aber unter dem viermal kleinern Winkel acb. Ueberhaupt nimmt die scheinbare Größe eines Körpers ab, wie die Quadrate der Entfernungen zunehmen. Man kann demnach, wenn die wahre Größe bekannt ist, aus der scheinbaren Größe auf die Entfernung schließen. Darauf beruht das Wesentliche der im Kriege oft nützlichen Fernmesser. Man betrachtet Menschen in verschiedenen Fernen durch Röhren, in denen Flor ausgespannt worden, zählt die Maschen der Höhe und schreitet dann die Entfernung ab, so kann man nach einiger Uebung aus der Maschenzahl die Entfernung ohne Rechnung bestimmen.

§. 26. In großen Entfernungen wird endlich der Sehwinkel so klein, daß er vom Auge nicht mehr als Winkel wahrgenommen wird, und dann erscheinen uns die Gegenstände als Punkte, oder sie verschwinden ganz. Die Gränze der Wahrnehmbarkeit ist die, wenn der Sehwinkel bis auf eine halbe Minute oder $\frac{1}{120}$ eines Grades abnimmt. Dieses ist der Fall, wenn der Durchmesser des Gegenstandes sich zur Entfernung desselben verhält wie 1 : 5000. Nimmt man die Größe eines Menschen zu 5 Fuß an, so kann er höchstens 25,000 Fuß oder $1\frac{1}{4}$ Meile weit wahrgenommen werden, und das zwar nur bei ganz reiner Luft.

§. 27. Von dem Wahrnehmen ist das Erkennen der Gegenstände insofern verschieden, als wir bei letzterem wahrnehmen, daß die Oberfläche eines Körpers stellenweise mehr und weniger Licht zurückwirft, so wie wir dieselbe Abwechselung schon früher beobachtet. Dazu ist erforderlich, daß die ungleich erleuchteten Stellen einen merklichen Sehwinkel bilden; denn außerdem verläuft sich ihre Zeichnung. So erkennen wir z. B. Gesichtszüge erst in einer Nähe von 300 Fuß, aber Umrisse von Personen

Digitized by Google

schon 5000 Fuß weit. Schrift wird 100 Fuß weit wahrgenommen; aber man lieset sie nicht leicht stehend vom Boden ab.

§. 28. Starkleuchtende Flächen senden zu viele Strahlenkegel in das Auge und überreizen es, daß wir geblendet werden. Diese Wirkung wird aufgehoben, wenn man durch eine Oeffnung sieht, welche viel kleiner ist als die durchsichtige Pupille, weil dann nur einzelne Strahlenkegel Eingang finden. Daher dienen feindurchstochene Metallblättchen unter dem Namen der Skinnerschen Metallbrillen zur Schonung schwacher Augen. Auch betrachtet man Sonnenfinsternisse durch angestochene Kartenblätter oder Baumblätter. Schwarze Schleier bringen dieselbe Wirkung hervor, ohne dem Auge die Freiheit zu benehmen.

§. 29. Beleuchtete Flächen werfen das Licht in sehr verschiedenem Maße zurück, jenachdem sie dasselbe vermöge ihrer besonderen Beschaffenheit mehr oder weniger binden. Farbige Körper schwächen es desto mehr, je dunkler die Farbe ist. Solche Körper, die das empfangene Licht vollständig zu binden vermögen und nichts davon zurückgeben, werden schwarz genannt. Sie werden eigentlich nur negativ gesehen, wenn sie nicht glänzen. Man erkennt ihre Theile nur mit Anstrengung des Auges, z. B. die Feinheit des schwarzen Tuches, die Stiche schwarzer Näherei. In schwarz ausgeschlagenen Zimmern sieht man bei vielen Lichtern doch nur dunkel, weil die Wände nicht zur Erhellung der Gegenstände beitragen. Fernröhre schwärzt man gern innerlich, um störendes Seitenlicht zu vermeiden.

§. 30. Dagegen geben weiße Körper das auf sie fallende Sonnenlicht vollständig und unverändert zurück. Daher werden weiße Wände, Schnee- und Kreideberge unter dem Lichte am weitesten gesehen. Ein gesundes Auge sieht daher in ausgeweißeten Zimmern deutlicher als in farbigen, weil die Schattenseite der Gegenstände von weißen Flächen mehr erhellt wird. Die Zurückwerfung des Lichtes von weißen Körpern ist einem Leuchten nicht unähnlich und wird deshalb Widerschein genannt. Man

Digitized by Google

benutzt diesen Wiederschein zur Verstärkung des Scheines der Lampen, indem man ihnen Schirme von weißer Fläche ohne Glanz giebt. Dazu eignet sich Papier oder ein Anstrich von Gyps, am besten aber nach Millingtons Versuchen gebrannter Pfeifenthon.

§. 31. Bei den meisten Körpern hört der Widerschein mit der Bescheinung augenblicklich auf; einige besitzen aber die merkwürdige Eigenschaft, wenn sie vom Sonnenlicht beschienen worden, nachher im Finstern zu leuchten, als wenn sie eingesogenes Licht wieder von sich gäben. Man nennt sie Lichtsauger, Lichtträger oder Lichtmagnete. Die bekanntesten sind 1) der bononische Leuchtstein oder Bologneserstein, den man erhält, wenn Schwerspath in Stücken zwischen Kolen ausgeglüht wird. Sonnt man ihn eine Viertelstunde, so leuchtet er wol eben so lange, wie eine glühende Kole. Er verliert diese Kraft in 3 bis 4 Jahren, erhält sie aber zurück, wenn man ihn wieder kalcinirt. 2) Margrafs Lichtsauger entsteht aus Gyps durch Glühen mit Kolen; 3) Cantons Lichtsauger, durch Rösten des gebrannten Kalks mit Schwefel; 4) Hombergs Lichtsauger, aus Kalk mit Salmiak geröstet; 5) Balduins Lichtsauger, aus stark geglühtem salpetersauren Kalk. 6) Der Diamant zeigt dieselbe Erscheinung, wenn er durch Ausglühen in Kolenpulver entfärbt worden.

§. 32. Die Zurückwerfung des Lichts von undurchsichtigen Körpern hat Wärmeentbindung zur Folge, welche durch Reibung der einander begegnenden Lichtstrahlen entstehen mag. Sie findet nur in der Nähe des Körpers statt, welcher das Licht zurückwirft. Daher wärmt das Sonnenlicht nur am Erdboden, nicht in der Höhe. Gay Lussac fand bei seiner Luftfahrt im Jahre 1804, während unten die Wärme 27° C. betrug, in der Höhe von 21,600 Fuß eine Kälte von 9½ Graden. Nach von Humboldts Beobachtungen nimmt die Wärme der Luftschichten für jede 581 pariser Fuß Höhe um einen Grad des hunderttheiligen Thermometers ab, womit obige Erfahrung übereinstimmt.

Digitized by Google

§. 33. Die Wärmeentbindung wird desto stärker, je mehr senkrecht die Lichtstrahlen auf die Fläche eines Körpers fallen und von derselben zurückgeworfen werden. Aus diesem Grunde richtet man die Treibhäuser unter einem solchen Winkel gegen Mittag, daß die Strahlen der Wintersonne senkrecht einfallen. Ebendarauf beruhen die von Vorherr gezeigten Vortheile des Sonnenbaues, die gesteigerte Wärme der Mittagsonne, die Vorzüge der Mittagseite der Hügel zum Weinbau, die große Hitze der Gebirgthäler zwischen steilen Bergwänden, und die Sommerwärme derjenigen Halbkugel, welche der Sonne mehr zugewendet ist.

§. 34. Dagegen wird die Wärmeentbindung desto geringer, je schiefer die Lichtstrahlen auf einer Fläche einfallen, weil dann viele Strahlen zur Seite abgleiten. Darauf beruht die Kühle der nördlichen Abhänge und ihr Vorzug zur Anlegung der Eisgruben, auch wol zum Anbau in heißen Ländern. Darum hat unsere Halbkugel zu derselben Zeit Winterkälte, wenn der Erdball der Sonne um Millionen Meilen näher ist und stärker beleuchtet wird. Dasselbe Abgleiten verursacht, daß kugelförmige Körper weniger als andere durch Sonnenlicht erwärmt werden, weshalb Gartenhäuser mit Kupoldächern kühler bleiben.

§. 35. Außerdem hängt die Wärmeentbindung von der Farbe des beleuchteten Körpers ab und ist stärker an dunkelfarbigen. Bedeckt man von drei mit Schnee gefüllten Gläsern das eine mit weißem, das zweite mit grauem, das dritte mit schwarzem Tuche, so schmilzt der Schnee im Sonnenscheine unter Schwarz am ersten, unter Weiß am letzten. Daher wählt man weiße oder hellfarbige Kleider im Sommer und zieht Schwarz im Winter vor. Die Zeitigung der Trauben und des Spalierobstes wird durch schwarz angestrichene Wände weit mehr beschleuniget als durch weiße. Ein Thermometer, dessen Kugel mit Lampenrus geschwärzt worden, wird dadurch so empfindlich, daß es im Sonnenscheine schneller und höher steigt, weshalb Leslie ein solches als Lichtmesser oder Photometer anwendete.

Digitized by Google

§. 36. Endlich bringt das Licht in den beleuchteten Körpern mancherlei merkwürdige Veränderungen hervor. Manche Säuren und Oxyde werden durch Licht zersetzt. Ein Gemenge von Chlorgas und Wasserstoffgas entzündet sich im Sonnenscheine fast augenblicklich mit Explosion. Das Reifen der Früchte und die dabei stattfindende Zurückführung der Pflanzensäuren zur Süßigkeit ist mehr Wirkung des Lichts als der Wärme. Auf alle Gewächse wirkt das Sonnenlicht als ein belebender Reiz. Fast alle senken ihre Blätter bei Nacht, welches man den Pflanzenschlaf nennt, und erheben sie bei Tage. Der bewegliche Süßklee senkt seine äußersten Blätter sogar bei vorüberziehenden Wolken und hebt sie wieder bei vollem Lichte. Viele Gewächse richten ihre Blumen und Blätter nach der Sonne und verfolgen sie vom Aufgange bis zum Niedergange, vornehmlich Lupinen. An Stubenpflanzen beobachtet man den sogenannten Lichthunger, indem sie sich nach dem Fenster wenden und in dieser Richtung hin kräftiger entwickeln. Lebende Geschöpfe ermuntert und erfreut das Licht, mit Ausnahme der kränkelnden Albinos und der Nachtthiere, die nur Dämmerung ertragen.

XX. Spiegelung.

§. 1. Wenn die Oberfläche dichter und harter Körper durch Schleifen geglättet wird, so zerstreuen sie das zurückgeworfene Licht nicht mehr regellos nach allen Richtungen, sondern werfen es nach einzelnen Punkten in größerer Stärke, welche Glanz genannt wird. Glänzende Körper sind daher aus der Ferne nicht überall sichtbar, funkeln oder blinken aber unter gewissen Winkeln, z. B. Stahlperlen, facettirte Edelsteine, die Säbel der Reiterei und die Bajonette der Infanterie. Körper von rauher Oberfläche erscheinen dagegen matt, d. h. ohne Glanz. Wechseln glänzende Stellen mit matten ab, so entsteht ein Flimmern, wie beim Zucker.

Digitized by Google

§. 2. Wenn die Oberfläche eines glänzenden Körpers durch Poliren bis zu einem gewissen Grade der Vollkommenheit geglättet wird, so erlangt er neben erhöhtem Glanze die Eigenschaft, von leuchtenden oder erleuchteten Gegenständen Bilder zurückzuwerfen, und heißt dann ein Spiegel. Vornehmlich sind undurchsichtige Körper dazu geeignet; doch werfen auch durchsichtige von glatter Oberfläche schwache Bilder, z. B. Glastafeln, Oel und Wasser. Unsere Glasspiegel machen daher zwei Bilder zugleich, ein schwaches von der Außenfläche des Glases, und ein stärkeres von der Metallbelegung.

§. 3. Die Entstehung der Bilder durch Zurückwerfung des Lichts wird Spiegelung genannt. Sie beruht zunächst auf dem allgemeinen Gesetze, daß ein Lichtstrahl von der Spiegelfläche unter einem eben so großen Winkel zurückgeworfen wird, als unter welchem er eintraf. Das Licht verhält sich darin ebenso, wie geworfene schnellkräftige Körper (II, 34) und der Schall (IX, 19) von Ebenen abprallen. Ein senkrecht eintreffender Strahl fc Fig. 2 kehrt in derselben Linie zurück; aber der schief einfallende Strahl gc wird nach der entgegengesetzten Seite unter dem Winkel ach zurückgeworfen, welcher dem Winkel gcb gleich ist. Daher sieht man ein Licht erst dann im Spiegel, wenn das Bild der Flamme von der Spiegelfläche unter gleichem Winkel ins Auge gelangen kann.

§. 4. Da ein erleuchteter Gegenstand von allen Punkten seiner Oberfläche nach der Spiegelfläche Strahlenkegel schickt (§. 8, 23), deren einzelne Strahlen unter allen möglichen Winkeln eintreffen, so müssen unfehlbar Strahlen von allen Kegeln, unter gleichem Winkel zurückkehrend, sich in gewissen Punkten vor dem Spiegel wieder zusammenfinden und Sehwinkel bilden. Das Auge empfängt sie daselbst in ähnlicher Ordnung und mit derselben Abwechselung von Hell und Dunkel, als wenn der Gegenstand unmittelbar vorstände, und dieser ähnliche Eindruck ist es, den wir das Bild im Spiegel nennen. Die Spiegelung folgt

Digitized by Google

übrigens verschiedenen Gesetzen, jenachdem die Spiegelfläche eine ebene, hole oder erhabene ist und unebene nach dieser oder jener Regel gekrümmt sind.

§. 5. Vollkommen geglättete Ebenen heißen ebene Spiegel oder Planspiegel. Sie besitzen die Eigenschaft, daß die Bilder machenden Strahlen in ganz unveränderter Ordnung zurückgeworfen werden, so daß ganz ähnliche Bilder entstehen. Gerade vor dem Spiegel stehende Gegenstände erzeugen senkrecht zurückfallende Bilder, d. h. Strahlenkegel, deren Achse senkrecht auf dem Spiegel steht; aber seitwärts stehende erzeugen Seitenbilder, welche den Gegenstand in derjenigen Stellung und perspektivischen Verkürzung abbilden, in welcher er vom Spiegel aus gesehen werde würde, worin sich das Spiegelbild von einem gemahlten unterscheidet, indem z. B. ein Portrait dem Beschauer überall nachzusehen scheint.

§. 6. In unmittelbarer Nähe vor dem Spiegel stehend, sieht man sich etwa in natürlicher Größe; aber weiter zurücktretend bemerkt man, daß das Bild sich doppelt so weit entferne. Die Ursach davon ist folgende. In Fig. 81 sey ab der Spiegel, cd die Höhe des Gesichtes und e das Auge. Die Perpendikel fc, ge und hd bilden mit ab und cd zwei Rechtecke, welche durch die Parallelen ik und lm halbirt werden. Nun folgt aus §. 3, daß von allen Strahlen, welche von cd aus senkrecht auf den Spiegel fallen, nur eg nach e zurückkomme; ingleichen, daß von allen Strahlen, welche von c und d schief auf ab fallen, nur ci und dl nach e zurückkommen. Man sieht also von cd unter dem Sehwinkel iel ein Bild im Spiegel, dessen Durchmesser il die Hälfte von fh oder cd ist, d. h. man sieht sich halb so lang, und die Fläche des Bildes ist viermal kleiner als die des Gesichtes, ebenso wie man dieses in der doppelten Entfernung eg unmittelbar sehen würde. Diese Zurückschiebung des Bildes hat den Nutzen, daß der Spiegel nur halb so lang und breit zu seyn braucht als der abzuspiegelnde Gegenstand.

Digitized by Google

Er zeigt daher bei 6 Zoll Länge schon das ganze Gesicht, bei 12 Zoll Länge das Brustbild und bei 35 Zoll Länge die ganze Figur des Körpers.

§. 7. Eine andere Eigenschaft ebener Spiegel ist die in jeder Entfernung stattfindende Verkehrung der Seiten des Bildes, so daß als rechte Seite des Gesichts erscheint, was in der That zur linken gehört, und umgekehrt. Dieselbe Fig. 81 macht das anschaulich, wenn man sich cd und il als Querdurchschnitte des Gesichtes denkt. Daher tragen Spiegelbilder den Degen an der rechten Seite und Bilder von Thieren erscheinen im Spiegel rechtssehend, wenn sie linkssehend gezeichnet sind. Daher kopirt man Profile nach dem Spiegel, wenn sie umgewendet werden sollen. Aus gleicher Ursach verkehrt der wagerechte Wasserspiegel das Oben und Unten und stellt das jenseitige Ufer umgestürzt dar.

§. 8. Wenn man zwei Planspiegel ohne Rand und Rahmen unter einem Winkel zusammenstellt, entsteht ein Winkelspiegel, in welchem vervielfältigte Bilder gesehen werden. Stellt man ein Licht dazwischen, so wird das Bild der Flamme Dem, der von der Oeffnung hereinsieht, durch Hin- und Herwerfen von einem Spiegel zum andern, um so mehr vervielfältigt erscheinen, je kleiner der Winkel ist, unter welchem die Spiegel zusammengeschoben werden. Alle diese Bilder ordnen sich in einem elliptischen Ringe und zeigen sich in allen Stellungen. Ein Winkel von 90 Grad giebt zweimal $1\frac{1}{2}$, oder 3 Bilder, ein Winkel von 72 Grad 4 Bilder, ein Winkel von 60 Grad 5 Bilder, ein Winkel von $51\frac{3}{7}$ Grad 6 Bilder, ein Winkel von 45 Grad 7 Bilder, ein Winkel von 40 Grad 8 Bilder, ein Winkel von 36 Grad 9 Bilder, ein Winkel von $32\frac{8}{17}$ Grad 10 Bilder u. s. w. Ein Standbild an der Stelle des Lichtes sieht man von allen Seiten zugleich, wodurch der Winkelspiegel dem Maler nützlich werden kann.

§. 9. Wenn man im Winkelspiegel von dem einen Endpunkte der Kante zum andern hin sieht, so entsteht eine ähnliche, aber

Digitized by Google

sternförmige Vervielfältigung der Spiegelbilder, worauf die Wirkung des von Brewster erfundenen Kaleidoskops beruht. In die Röhre ab Fig. 82 schiebt man zwei Spiegelstreifen xv und vw, welche durch einen dritten nicht spiegelnden Glasstreifen zu einem dreiseitigen Prisma verbunden sind. Hinter dem Prisma ist eine Vorkammer, welche in de durch eine polirte, in fg aber durch eine mattgeschliffene Glasscheibe geschlossen ist. In die Kammer wirft man bunte Glasbröckchen, Drahtringe und dgl. Wenn man das Rohr gegen das Licht hält und durch das Glasfenster c hineinsieht, erblickt man das Eingeschlossene in stern- oder kranzförmiger Gruppirung, jenachdem der Spiegelwinkel unten oder oben ist, und beim Drehen des Rohrs entsteht jeden Augenblick eine andere Gruppirung. Als Spiel hat das Kaleidoskop die Neugier gesättiget; aber bleibenden Werth gewinnt es für den Künstler zur Erfindung symmetrischer Musterzeichnungen, zu welchem Zwecke man die Vorkammer weglassen und statt des Glases de mit Figuren bezeichnetes Papier vorhalten kann.

§. 10. Wenn mehre Planspiegel so zusammengestellt sind, daß von einem Punkte zwischen ihnen auf jeden ein Perpendikel gefällt werden kann, so sieht man, in jenem Punkte stehend, sein Bild in allen Spiegeln, und zwar durch Hin- und Herwerfen der Bilder vervielfältiget. Darauf beruht die Einrichtung der Spiegelzimmer, die man in Schlössern zeigt. Sie bringen den größten Effekt hervor, wenn sie genau die Gestalt des Würfels haben, Fenster und Thüren mit Spiegeln ohne Rand verkleidet sind und das Gemach durch einen im Mittelpunkte des Würfels aufgehängten Kronleuchter beleuchtet wird. Decke und Fußboden, die ohne Spiegel seyn müssen, spiegeln sich an allen Wänden ab, so daß von der Mitte aus ein neunmal so großer Saal mit vielen Kronleuchtern und Menschengruppen gesehen wird.

§. 11. Spiegel, deren Fläche einwärts gekrümmt ist, nennt man Holspiegel oder Konkavspiegel. Alle Holspiegel haben gemein, daß sie die Lichtstrahlen näher zusammenbringen oder

Digitized by Google

sammlen, wie man es nennt. Denkt man sich, daß viele Strahlen parallel auf die Holfläche fallen, wie in Fig. 83, so kann nur einer von allen senkrecht eintreffen und senkrecht zurückgeworfen werden; die übrigen müssen schief eintreffen und nach dem senkrechten hin zurückfahren. Die Wirkung der Holspiegel ist aber verschieden, jenachdem sie sich sphärisch, paraboliſch, cylindrisch oder konisch krümmen.

§. 12. Hole Kugelspiegel oder sphärische Holspiegel stellen einen Abschnitt der inneren Kugelfläche dar. Man erhält solche Spiegel entweder durch Holschleifen einer Metallplatte über einer Kugel, oder durch Holtreiben einer Blechtafel, oder durch Vergolden und Poliren eines hol ausgedrehten Holztrellers, oder durch Belegung einer erhaben geschliffenen Glastafel, allenfalls auch durch Anstreichen der erhabenen Fläche eines großen Uhrglases mit schwarzem Lackfirniß. Zu genauen Versuchen können nur ausgeschliffene Metallspiegel gebraucht werden. Die Masse dazu wird am besten nach Hochheimer aus gleichen Theilen Kupfer, Zinn und Zink zusammengesetzt. Zuerst wird das Kupfer mit einem Flusse geschmolzen, dann das Zinn, zuletzt der Zink zugesetzt. Man rührt die Mischung mit einem Eisenstabe um und gießt sie dann in einer Form kugelhol, so daß der Guß nur nachgeschliffen und polirt zu werden braucht.

§. 13. Hole Kugelspiegel besitzen die Eigenschaft, die parallel auf sie fallenden Sonnenstrahlen so zurückzuwerfen, daß sie fast alle in einem Punkte vor dem Spiegel zusammentreffen, in welchem die Verdichtung der Strahlen Hitze erregt, so daß brennbare Körper darin entzündet werden, wovon man ihn den Brennpunkt genannt hat. Er hat eine bestimmte Lage, die von der Wölbung des Spiegels abhängig ist. In Fig. 83 sey der Bogen afb der Durchschnitt der Kugelfläche des Spiegels und c das Centrum der ergänzten Kugel, so liegt der Brennpunkt im Halbirpunkte des Halbmessers fc, in x. Seine Entfernung vom Spiegel, hier fx, nennt man die Brennweite. Sie ist um

Digitized by Google

so größer, je flacher die Hölung ausgeschliffen wird, weil der Holspiegel dann den Abschnitt von einer größeren Kugel darstellt.

§. 14. Zu Brenn- und Schmelzversuchen eingerichtete Holspiegel werden Brennspiegel genannt. Ihre Krümmung darf nicht groß seyn und wird so gehalten daß der Bogen afb nur 18 Grad von der Peripherie der Kugel beträgt. Man muß den Spiegel etwas schief gegen die Sonne richten, weil außerdem der vorgehaltene Körper einen Theil des Spiegels beschattet. Die wirksamsten und dauerhaftesten Brennspiegel sind die von Silber. Je größer der Durchmesser oder die Sehne der Holfläche ist, desto mehr Licht wird aufgefangen und zusammengedrängt, und desto größere Hitze erregt. Walter von Tschirnhausen fertigte 1687 Brennspiegel aus Kupferblech von 66 Zoll Durchmesser und 14 Zoll Brennweite. Durch sie verkolte man Holz unter Wasser. Knochen, Bimsstein und Ziegelbrocken schmolzen zu Glas.

§. 15. Die Wirkung der Brennspiegel kann auch durch Planspiegel hervorgebracht werden, wenn man deren viele so zusammenstellt, daß sie das Sonnenlicht alle nach einem und ebendemselben Punkte hin werfen müssen. Der Graf von Buffon stellte 40 Planspiegel, jeden 6 Zoll lang und breit, in einer holen Fläche zusammen und zündete damit in einer Entfernung von 66 Fuß ein mit Theer bestrichenes Brett. Mit 128 Spiegeln bewirkte er dasselbe in einer Entfernung von 150 Fuß. Eine dritte Zusammensetzung von 117 Spiegeln brachte in einer Entfernung von 20 Fuß Silber zum Schmelzen und Eisen zum Glühen. Es ist demnach glaublich, wenn die Geschichte vom Archimedes erzählt, daß er im zweiten punischen Kriege die Schiffe des Marcellus im Hafen von Syrakus durch Spiegel verbrannt habe.

§. 16. Eine zweite Eigenschaft holer Kugelspiegel ist die, daß sie Lichtstrahlen, welche (wie Fig. 83 xf, xa und xb) von Brennpunkt ausgehend eintreffen, meistens in paralleler Richtung zurückwerfen, wie ad, fc und be. In diesem Falle geht das zurückgeworfene Licht weit fort, ohne geschwächt zu werden.

Digitized by Google

Darauf beruht die Wirkung der Leuchtspiegel oder Reverberen, welche bei der Straßenbeleuchtung und sonst zur Verstärkung des Lampenlichtes angebracht werden. Holspiegel von getriebenem Messing oder Weißblech werden so hinter die Lampe gestellt, daß diese den Brennpunkt einnimmt. Solche Lampen scheinen wol 14 — 15 mal so weit hell, als ohne Spiegel geschehen würde. Der enge Raum macht hier nöthig, dem Spiegel eine größere Wölbung zu geben, als man Brennspiegeln giebt, und dann wird oben ein Ausschnitt angebracht, damit er nicht vom Rauche geschwärzt werde.

§. 17. Vor den sphärischen haben parabolische Holspiegel, deren Hölung so gekrümmt ist, wie sie durch Umdrehung einer Parabel entstehen würde, den Vorzug, daß sie das aus dem Brennpunkte strahlende Licht vollkommen parallel zurückwerfen, indem ihre Wölbung nach dem Rande zu gleichmäßig flacher wird. Cochrane's Straßenlaternen sind deshalb mit paraboliſchen Leuchtspiegeln versehen. Auf den englischen Leuchtthürmen gebraucht man kupferne, mit Silber plattirte paraboliſche Spiegel, um das Licht einer Argandschen Lampe weit hin über die See zu werfen. Das von Repsold für die Stadt Hamburg auf der Insel Neuwerk angelegte Leuchtfeuer hat ebendergleichen Spiegel von Messing und leuchtet bis Helgoland, sieben Meilen weit, dagegen die Argandsche Lampe an sich nur eine Stunde weit sichtbar ist.

§. 18. Wenn ein kegelförmig erweitertes Rohr, wie Fig. 48, inwendig als Spiegel auspolirt wird, und man stellt ein Licht vor die enge Mündung c, so werden die auseinander laufend einfallenden Lichtstrahlen von dem holen Kegelspiegel eben so parallel zurückgeworfen, wie die Schallstrahlen im Sprachrohr, und es entsteht ein Leuchtrohr. Der weiten Mündung gegenüber sieht man in weiter Entfernung eine leuchtende Scheibe, deren Licht noch heller wird, wenn man hinter der Lampe einen holen Kegelspiegel ohne Abkürzung aufstellt, um noch mehr Strahlen in das Rohr zu bringen. Wenn die weite Mündung solcher

Digitized by Google

Röhren Sonnenstrahlen auffängt, werden sie, wie der Schall im Hörrohr, nach c zusammengebracht und brennen daselbst.

§. 19. Die Bilder, welche von holen Kugelspiegeln zurückgeworfen werden, fallen nach Maßgabe der Entfernung des Gegenstandes verschieden aus. Wer zwischen dem Holspiegel und seinem Brennpunkte steht, sieht sich aufrecht darin, aber mit Vergrößerung; denn in diesem Falle werden solche Strahlen so zurückgeworfen, daß sie sich in einen Sehwinkel vereinigen, welche minder einwärts laufen als bei dem ebenen Spiegel, mithin einen größeren Sehwinkel bilden. Das Bild erscheint nicht ganz ähnlich, sondern nach der Mitte zu weniger vergrößert, weil dieser Theil des Gesichtes dem Spiegel näher steht. Tritt man weiter zurück, so nimmt die Vergrößerung zu, der übersehbare Theil des Gesichts aber ab. Im Brennpunkte selbst sieht man einen gar zu kleinen Theil, also gar kein Bild.

§. 20. Steht man zwischen dem Brennpunkte des Spiegels und dem Mittelpunkte der ergänzten Kugel, so erblickt man ein vergrößertes und verkehrtes Bild, welches von solchen Strahlen entsteht, die sich vor dem Eintreffen auf dem Spiegel durchkreuzten und von ihm in einem vergrößerten Sehwinkel zurückgeworfen wurden. Nach dem Mittelpunkte der Kugel hin nimmt die Vergrößerung des Bildes ab. Diese Bilder sind undeutlich, weil mehre zugleich entstehen und sich verwirren, indem man mit jedem Auge ein besonderes wahrnimmt, auch bei Glasspiegeln noch ein drittes, unvergrößertes Bild von der Außenfläche des Glases hinzukommt. Ein vorgehaltenes, sternförmig durchstochenes Papier läßt diese Bilder unterscheiden.

§. 21. Jenseit des Mittelpunktes der Kugel stehend sieht man ein verkehrtes und verkleinertes Bild von Strahlen, welche nach ihrer Kreuzung um die Mitte des Spiegels eintreffen und von da ins Auge zurückkommen. Das Bild wird immer mehr verkleinert, je weiter man zurücktritt, weil es in jedem Punkte von anderen, weniger einwärts laufenden Strahlen

Digitized by Google

gebildet wird. Uebrigens sind diese verkleinerten Bilder viel deutlicher und schärfer als die vergrößert verkehrten, weil mit beiden Augen nur Ein Bild gesehen wird; denn die beiden Bilder, welche zwischen Brennpunkt und Mittelpunkt gesehen werden, fallen in dem Augenblicke zusammen, da der Gegenstand in den Mittelpunkt zurücktritt.

§. 22. Die Bilder der dritten Art besitzen die besondere Eigenschaft, daß sie vor dem Spiegel in der Luft zu schweben scheinen, wenn der Gegenstand dem Mittelpunkte der Kugel nah steht, in welchem Falle man sie Luftbilder nennt. Auffallend wird die Erscheinung, wenn man ein kleines Gypsbild mit dem Fuße an einem Faden aufhängt und so schwebend aus der Entfernung dem Spiegel entgegenführt. In der Nähe des Mittelpunktes, wo Bild und Körper in gleicher Größe neben einander gesehen werden, scheint das Bild in der That dicht neben dem Körper zu stehen. Die Ursach dieser Täuschung liegt in der Lichtstärke. Da um den Mittelpunkt der Kugel die Bilder beider Augen in eines zusammenfallen, so empfängt das Auge hier von jedem Punkte doppelt so viel Licht, und da wir gewohnt sind mit aus der Stärke des reflektirten Lichtes auf die Nähe der Gegenstände zu schließen, so überreden wir uns etwas Näheres zu sehen als ein Spiegelbild. Die Täuschung ist noch größer, wenn der wirkliche Gegenstand dem Auge verdeckt wird, wodurch mancherlei belustigende Visionen bewirkt werden können.

§. 23. Holspiegel, deren Hölung nach der Walzenfläche gekrümmt ist, heißen cylindrische Holspiegel. Man erhält sie am einfachsten durch Treiben einer polirten Blechtafel über eine Stahlwalze. Sie sind der Länge nach als Planspiegel zu betrachten, quer durch die Krümmung aber als hole Kugelspiegel. Vorgehaltene Gegenstände bilden sich der Länge nach in halber Größe ab, querdurch aber vergrößert, weshalb man sich breiter sieht. Auch diese Spiegel erzeugen Luftbilder von Gegenständen, wenn diese sich in der Achse des Cylinders befinden.

Digitized by Google

§. 24. Stellt man ein Licht in die Achse des cylindrischen Holspiegels, so werden die aufgefangenen Lichtstrahlen zum Theil parallel zurückgeworfen, zu welchem Zwecke man wol dergleichen hinter Wandleuchtern anbringt und Blacker nennt. Das Sonnenlicht sammlen sie schichtenweise wie Brennspiegel und werfen es verdichtet zurück. Auch nicht spiegelnde Flächen von derselben Krümmung bringen im Großen eine ähnliche Wirkung hervor. Die Wände des kreisrunden Königplatzes in Cassel z. B. blenden in einem Kreise von Brennpunkten, und in demselben Kreise zeigt das Thermometer immer 2 — 3 Grade mehr als in den benachbarten Straßen.

§. 25. Diejenigen Spiegel, welche nach der äußeren Fläche der Kugeln, Cylinder oder Kegel gekrümmt sind, nennt man erhabene oder konvexe Spiegel. Sie haben im Allgemeinen die entgegengesetzte Wirkung der Holspiegel, nämlich daß sie parallell einfallende Lichtstrahlen nach allen Seiten zerstreuen, wie geschehen würde, wenn dieselben Flächen mit vielen kleinen Planspiegeln besetzt wären.

§. 26. Erhabene Kugelspiegel entstehen durch Politur einer Metallkugel oder durch Belegung einer kugelhol ausgeschliffenen Glasplatte. Sie werfen von dem vorstehenden Gegenstande in senkrechter Richtung ein aufrechtes, aber verkleinertes Bild zurück, weil es von Strahlen gebildet wird, welche noch mehr einwärts laufen als die bildmachenden Strahlen der Planspiegel. Das Bild wird desto mehr verkleinert, je stärker der Spiegel gewölbt ist, d. h. je kleiner die Kugel ist, von welcher er einen Abschnitt darstellt; denn desto mehr müssen die Strahlen einwärts laufen, welche sich im Auge vereinigen sollen. Aus derselben Ursach sieht man das eigene Bild desto mehr verkleinert, je weiter man sich von dem Spiegel entfernt. Die Mitte des Gesichts erscheint wie geschwollen, d. h. weniger verkleinert, weil sie dem Spiegel näher steht.

§. 27. Wenn aus einer Glasplatte mehre Holflächen sphärisch ausgeschliffen und belegt werden, so sieht man sich in allen

Digitized by Google

diesen Kugelspiegeln zugleich, wovon solche Zusammensetzungen Vervielfältigungspiegel, auch wol Familienspiegel genannt werden. Wenn nämlich das Auge in einem Punkte steht, aus welchem durch alle Kugelflächen nach dem Centrum derselben gerade Linien gezogen werden können, so empfängt es auch von jeder Kugel ein senkrechtes Bild. Sind die vereinten Spiegel von verschiedener Wölbung, so stellen sie das Bild in verschiedener Größe dar. Dem angehenden Zeichner können solche Spiegel zur Uebung in der Verjüngung aus freier Hand dienen.

§. 28. Außer dem senkrechten Bilde werfen erhabene Kugelspiegel auch Seitenbilder, die an einer großen Glaskugel deutlich in die Augen fallen, wenn man sie gegen stark erleuchtete Gegenstände vor sich hin hält. Das Seitenbild erscheint auch verkleinert, aber verkehrt und dreieckicht verzogen. Das verkehrt vorgehaltene Bild eines Thurms erscheint im Seitenbilde aufrecht und nach oben zu in die Breite ausgedehnt. Dem Zeichner können diese Seitenbilder nützlich werden, um nicht ganz gelungene Zeichnungen zu untersuchen, wo der Fehler liege. Die ganz ruhige See stellt einen sehr flachen Kugelspiegel dar und zeigt dem Schiffer solche Seitenbilder.

§. 29. Erhabene Cylinderspiegel haben die entgegengesetzte Wirkung der holen. Der Länge nach, d. h. parallel mit der Achse des Cylinders, verkleinern sie das Bild nicht mehr als ebene Spiegel; aber nach der kreisförmig gekrümmten Breite verkleinern sie wie Kugelspiegel von gleichem Halbmesser. Sie stellen daher das vorstehende Gesicht oder Bild sehr länglich dar, wenn die Achse des Cylinders senkrecht gehalten wird, oder aber in die Breite gezogen, wenn man den Spiegel unter einem rechten Winkel dreht.

§. 30. Erhabene Kegelspiegel verkleinern die Länge nicht mehr als ebene Spiegel; aber die Breite des Bildes wird mehr, und nach der Spitze hin immer stärker verkleinert, in dem Verhältniß, als die Kreise der Querschnitte abnehmen, wodurch

Digitized by Google

das Bild im Ganzen die Figur eines Dreiecks erhält. Legt man aber also verzerrte und dadurch unkenntlich gemachte Zeichnungen dem Spiegel verkehrt vor, so werden sie an demselben in kenntlicher Gestalt abgebildet. Man nennt solche Figuren und solche Spiegel anamorphotisch, d. h. verwandelnd. Für angehende Zeichner ist es eine treffliche Uebung, wenn sie jene verzerrten Spiegelbilder von Kegelspiegeln oder Cylinderspiegeln sorgfältig nachzeichnen und dann erst die Probe machen, ob sie durch entgegengesetzte Verzerrung wieder kenntlich werden.

XXI. Lichtbrechung.

§. 1. Die durchsichtigen Körper lassen das Licht zwar im Innern geradlinicht durchgehen; aber da, wo es in ihre Oberfläche eindringt, bekommen die schief einfallenden Strahlen eine andere Richtung, so daß die Linie, in welcher sie eindringen, von der, in welcher sie ankamen, unter einem Winkel abweicht, und diese Ablenkung wird die Brechung des Lichtes genannt. Man erkennt diese Brechung an einem seitwärts geworfenen inneren Glanze, welcher eine Art von Spiegelung voraussetzt. Ueberhaupt werden die durchsichtigen Körper nur durch diese Brechung des Lichtes in allen Richtungen sichtbar.

§. 2. Der Winkel, unter welchem das eindringende Licht gebrochen wird, ist sehr verschiedener Größe, aber bei einer und derselben Art von Körpern immer derselbe, welches eine artbezeichnende, specifische Kraft zu brechen andeutet. Im Allgemeinen findet man, daß die dichteren Körper das Licht mehr zur Seite, oder stärken brechen; diese Regel hat aber viele Ausnahmen, indem die brennbaren Körper weit stärkere Brechung bewirken als unverbrennliche von derselben Dichtigkeit. Das Verhältniß, in welchem nachbenannte Körper das Licht brechen, drücken die beigesetzten Zahlen aus. Luft 5, Krystallglas $5\frac{1}{2}$, Vitriolöl 6, Wasser $7\frac{1}{2}$, Flintglas 9, Alkohol 10, Kampher 12,

Digitized by Google

Baumöl 12½, Terpentinöl 13, Bernstein 13½, Diamant 14½. Der keiner Folie bedürfende innere Glanz des Diamanten erklärt sich daraus.

§. 3. Die Brechung des Lichtes hat ähnliche Wärmeentbindung zur Folge als die Zurückwerfung desselben von Wänden, und diejenigen Körper, welche das Licht stärker brechen, werden mehr dadurch erwärmt. Wasser wird in Glasflaschen wärmer als die umgebende Luft, wenn das Sonnenlicht lange durchscheint; aber Wein, Spiritus und Oele erwärmen sich noch mehr als Wasser. Man kann daher Auflösungen in solchen Mitteln durch Bescheinung oder Insolation sehr befördern, wenn durch Verschließung mit Blase die Verdunstung aufgehoben wird. Die Pharmazie macht davon oft Gebrauch. Dieselbe Wärmeentbindung durch Brechung ist Ursach, daß Brennspiegel von belegtem Glase sich mehr erwärmen als metallene, ebendeshalb aber im Brennpunkte weniger wirksam sind.

§. 4. Wenn das Licht durch mehre Körper geht, welche das Licht mit ungleicher Kraft brechen und lagenweise abwechseln, so wird dadurch die Wärmeentwickelung noch stärker. Sie kann zur Glut gesteigert werden, wenn jene Lagen einander einschließen und dadurch die Zerstreuung der freigemachten Wärme verhindert wird. In einem Kasten, den drei parallele Glasscheiben als Deckel schließen, wird Wasser durch Sonnenlicht zum Kochen gebracht. Noch größere Wirkung thut der Feuersammler des Dukarla. Er besteht aus 6 — 8 halbkugelförmigen Glasglocken von ungleicher Weite, die man koncentrisch übereinanderstürzt, so daß nur dünne Luftschichten die Gläser trennen. Heller Sonnenschein bringt in der innersten Glocke Zinn, Blei und Zink zum Schmelzen. Die doppelten Glasfenster der Winterkasten und die Glasglocken, welche der Gärtner im Mai über zarte Pflanzen stürzt, sind ähnliche Feuersammler und verbrennen leicht die Pflanzen, wenn sie bei lebhaftem Sonnenlichte nicht abgehoben werden.

Digitized by Google

§. 5. Wenn zwei durchsichtige Körper von ungleicher Dichtheit einander in ebener Fläche berühren, und durchgehendes Licht die Fläche senkrecht schneidet, bleibt es ungebrochen; wenn es aber in schiefer Richtung durchgeht, so wird beim Uebergange in den dichteren Körper die Schiefe vermindert, d. h. der Lichtstrahl nähert sich dem lothrechten Durchschnitte, oder wird nach dem Loth zu gebrochen, wie man es nennt. Es sey z. B. Fig. 84 A Luft und B Wasser, so wird der Lichtstrahl a e, den man durch ein Loch in Pappe auf das Wasser fallen läßt, nicht in der Richtung e b fortgehen, sondern in einer Linie e f, welche sich dem Perpendikel c d nähert.

§. 6. Wenn im entgegengesetzten Falle das Licht in den minder dichten Körper schief übergeht, so wird die Schiefe vermehrt und der Lichtstrahl vom Lothe abwärts gebrochen, so daß der Strahl f e nicht in der Richtung e g, sondern in e a fortgeht. Wenn man z. B. auf den Boden eines Bechers eine Münze legt und so weit zurücktritt, daß man sie eben nicht mehr sieht, so erscheint sie doch wieder, wenn der Becher mit Wasser gefüllt wird. Daher scheint ein Fisch im Wasser höher zu schwimmen als der Fall ist, weshalb man zu hoch greift. Aus derselben Ursach scheint ein Stab, den man in schiefer Richtung g f ins Wasser stellt, in e wie gebrochen und als Winkel g e b.

§. 7. Eine ähnliche Brechung zur Seite erleidet das Licht, wenn es aus einer dichteren Luftschicht in eine dünnere schief übergeht. In Fig. 84 sey B eine mit Wasserdunst erfüllte und durch Abkühlung verdichtete, A dagegen eine trockene, durch Wärme sehr verdünnte Luftschicht, so werden Gegenstände, die sich in f befinden, von a aus gesehen, und in Entfernungen sichtbar, wo sie sonst, als unter dem Horizont liegend, nicht gesehen werden. Hierauf beruhen die Erscheinungen der sogenannten Seegesichte oder Luftspiegelungen, welche man um Sicilien und anderwärts zuweilen gewahrt. So sah man im März 1784 auf der Insel Malta ganz deutlich den Aetna aus

Digitized by Google

dem Meere hervorsteigen, wiewol dort gewöhnlich nicht einmal die Südküste von Sicilien sichtbar ist. Auf Teneriffa sah man einst bei westlichem Winde in Nebelschichten ein Bild der Insel Ferro, hielt es für eine neue Insel und nannte sie San Borondo. Der König von Portugal schenkte sie dem Ritter Perdigon, welcher ausfuhr, sie in Besitz zu nehmen.

§. 8. Wenn der Lichtstrahl cd Fig. 85 eine gleichförmig starke Glasscheibe A, welche in B und C von Luft umgeben ist, in schiefer Richtung durchschneidet, so wird er zweimal gebrochen, in d nach dem Lothe zu, in e aber abwärts, so daß ef mit cd parallel läuft. Einen Gegenstand in c sieht man daher von f aus nicht an seinem Platze, sondern als wenn er sich in g befände. Wird daher eine Zeichnung halb mit einer Glastafel bedeckt, so erscheint sie am Rande des Glases aus ihrer Stelle verschoben. Diese Verschiebung des Bildes nimmt mit der Dicke des Glases zu, weil das Licht von einer Glasfläche bis zur anderen geradlinicht fortgeht. Außerdem wird das Bild um so weiter verschoben, je schiefer es durch das Glas geht.

§. 9. Wenn dichtere Luftströmungen zwischen dünneren hinziehen, so hat dieses eine ähnliche Verschiebung der Bilder zur Folge, indem unter ihnen liegende Gegenstände in der Entfernung so zum Auge kommen, als wenn sie erhöht wären, welche Erscheinung man die Erhebung nennt. Nicht selten erscheinen dem Schiffer auf hoher See die Vorgebirge am Horizonte als frei in der Luft schwebend. Herr von Humboldt beobachtete in den Steppen von Carrakas, daß 6000 Fuß weit entfernte Kühe in der Luft zu stehen und zu weiden schienen. Aehnliche Beobachtungen machten die Franzosen in den Sandwüsten Aegyptens.

§. 10. Wenn die Glastafel A in C als Spiegel belegt ist und in e das Bild eines Gegenstandes nach d eindringt, so wird es unter gleichem Winkel nach h zurückgeworfen und von da unter demselben Brechungwinkel nach i gebracht, so daß, von i aus gesehen, der Zwischenraum he der Dicke des Glases gleich

Digitized by Google

ist. Auf diesem Erfahrungsatze beruht eine gebräuchliche Spiegelprobe, welche insofern nützlich ist, als von der Stärke des Spiegelglases die Dauer, und von der gleichförmigen Dicke die Güte der Glasspiegel abhängig ist. Man legt in e eine Stricknadel an den Spiegel, schätzt die Stärke des im Rahmen gefaßten Spiegels nach dem Zwischenraume zwischen Nadel und Bild, und beobachtet zugleich, ob der Zwischenraum überall gleich sey.

§. 11. Einige durchsichtige Körper besitzen die sonderbare Eigenschaft, daß sie durchgehende Lichtstrahlen gleichsam spalten oder in zwei Richtungen zugleich brechen, mithin untergelegte Bilder verdoppeln. Diese doppelte Strahlenbrechung findet in solchen Körpern statt, deren Gefüge einen schiefwinkligen dreifachen Durchgang der Blätter (II, 13) zeigt, vornehmlich im durchsichtigen Kalkspath, welcher davon Doppelspath genannt wird, außerdem im Chrysolith, Zirkon und Topas, nach Malus auch in Fischschuppen, Perlmutter und andern organischen Körpern.

§. 12. Vielflächig geschliffene Gläser, oder sogenannte Rautengläser, bringen durch Brechung eine Vervielfältigung der Bilder hervor, welche von ihrer äußeren Gestalt abhängig ist. In Fig. 86 sey A der sichtbare Körper, B das Rautenglas und C das Auge. Das Bild von A, welches senkrecht in m einfällt, geht ungebrochen durch nach n und C. Dagegen werden die Bilder, welche auf die schiefgestellten Seitenflächen in o und y fallen, nach x und v, von da aber nach C gebrochen und machen Seitenbilder, welche mit dem senkrechten zugleich gesehen werden. Kerzenlichter wirken durch solche Gläser funkelnd auf das Auge, was man bei Kronleuchtern benutzt. Glänzende Körper werfen durch Polyeder vervielfältigte Glanzstrahlen ins Auge, welches zur Verschönerung der Edelsteine angewendet wird, indem man sie, entweder einseitig als Rosetten, oder auf beiden Seiten als Brillanten, vielflächig anschleift und mit glänzenden Folien unterlegt.

Digitized by Google

§. 13. Durchsichtige Kugeln sind zu betrachten als Polyeder von unendlich vielen Seitenflächen, deren jede nur einen einzigen Lichtstrahl bricht. Wenn ausstrahlendes Kerzenlicht sie bescheint, so werden die nicht allzuschief einfallenden Strahlen einmal beim Eingange, und wiederum beim Ausgange gebrochen, dadurch aber nach Einem Punkte zusammengelenkt, so daß sie sich hinter der Kugel verdichten und daselbst eine beinah eben so starke Erleuchtung geben als nah der Flamme, wo sie auseinander gingen. Deshalb arbeiten mehre Handwerker vor mit Wasser gefüllten Glaskugeln, sogenannten Lichtkugeln. Wenn deren sechs um ein Licht aufgestellt sind, leuchtet es sechs Arbeitern eben so hell, als wenn jeder eines vor sich hätte. Das Wasser zur Füllung muß klar seyn und mit etwas Schwefelsäure versetzt werden, um die Entstehung trübender Konferven zu verhüten.

§. 14. Wenn durchsichtige Kugeln vom Sonnenlichte beschienen werden, so wirken sie als Brennkugeln, weil die parallelen Sonnenstrahlen sich durch die zweimalige Brechung in einen Punkt hinter der Kugel vereinigen und darin Hitze erregen. Die Entfernung dieses Brennpunktes von der Kugel ist der vierte Theil ihres Durchmessers. Legt man eine massive Glaskugel früh oder Abends auf einen Tisch, den die Sonne bescheint, so trifft der Brennpunkt auf die Tischplatte und brennt ein Loch hinein. Die vorerwähnten Lichtkugeln gebraucht man wol in Gärten aufgehängt als Feuerzeug. Wichtiger ist, daß bauchige Glasflaschen, welche mit Weingeist, Oelen oder destillirten Wassern angefüllt sind, ähnliche Wirkung thun und schon oft Feuer verursachten, wenn sie in Vorrathkammern auf dem Boden stehend von der Sonne beschienen wurden. Sogar Wassertropfen wirken als Brennkugeln und erzeugen Brandflecken auf den Blättern, wenn auf Staubregen helle Sonnenblicke folgen.

§. 15. Die Lichtstrahlen, welche von einem beleuchteten Körper zurückgeworfen, auf durchsichtige Kugeln fallen, werden auf ähnliche Art zusammengebrochen, vereinigen sich in mehren Punkten,

Digitized by Google

die parallelen früher, die auseinander laufenden später, und machen in diesen Punkten Bilder, welche den Gegenstand vergrößert darstellen, weil durch die zweimalige Brechung ein größerer Sehwinkel entsteht. Man verfertiget daher Kugelmikroskope aus Thermometerkugeln, die mit einem durchsichtigen Flüssigen gefüllt werden und welchen die zugeschmolzene Röhre als Handhabe dient. Je kleiner die Kugel ist, desto mehr vergrößert sie. Außerdem hängt die Wirkung von der lichtbrechenden Kraft des Flüssigen ab. Mit Wasser gefüllt, vergrößern die Kugeln weniger als mit Weingeist; aber die wirksamsten sind die, welche mit Terpentinöl gefüllt werden. Vgl. §. 2. Letztere gewähren den Vortheil, daß man die Kugel größer nehmen darf, um größere Stellen zu übersehen.

§. 16. Gläser von der Gestalt eines Kugelabschnittes, dergleichen man plankonvex oder Halblinsen nennt, wie ab Fig. 87, brechen die von der gewölbten Seite in und neben do parallel einfallenden Sonnenstrahlen so zusammen, daß sie sich in einem Punkte f vereinigen, welcher im Umfange der ergänzten Kugel liegt. Ihre Brennweite ist also dem Durchmesser der Kugel gleich. Alle Abschnitte einer und derselben Kugel haben folglich denselben Brennpunkt, aber seine Entfernung von der ebenen Fläche, hier fx, hängt davon ab, den wievielten Theil von der Kugel der Abschnitt ausmacht. Die Wirkungen der Lichtsammlung (§. 13, 14, 15) hat die Halblinse mit der Kugel gemein, aber in geringerem Grade. Fallen parallele Strahlen auf die ebene Fläche, so vereinigen sie sich jenseit im Punkte d, der von x eben so weit als f entfernt ist, und in diesem Falle vollständiger, weil keine zur Seite abgleiten. Die Halblinsen werden in optischen Werkzeugen da angebracht, wo man eine größere Brennweite verlangt, als die nun folgenden Linsen gewähren.

§. 17. Gläser, welche auf beiden Seiten nach derselben Kugelfläche abgeschliffen sind, als wenn sie aus zwei Kugelabschnitten zusammengesetzt wären, wie ef Fig. 88, werden von dieser Gestalt

Linsen oder doppelt konvexe Gläser genannt. Sie brechen die einfallenden Lichtstrahlen doppelt so stark als einfache Abschnitte oder Halblinsen. Da sie zugleich weniger Strahlen abgleiten lassen als Kugeln, so werden sie wegen dieses zwiefachen Vorzuges am meisten zu optischen Werkzeugen angewendet. Ihre Wirkung ist nach Verschiedenheit des einfallenden Lichts verschieden, wie folgt.

§. 18. Wenn auseinanderstrahlendes Kerzenlicht auf eine Linse fällt, so wird es durch die zweimalige Brechung näher zusammen gebracht. Kommen die Strahlen aus dem Mittelpunkte der ergänzten Kugel eines der beiden Abschnitte, z. B. aus c Fig. 88, so werden sie durch die Brechung parallel gerichtet, wie im Leuchtspiegel, so daß sie auf größere Entfernungen hin Gegenstände hell beleuchten. Zu diesem Zwecke werden große, durch Umschwingen des geschmolzenen Glases geformte Linsen in die sogenannten Blendlaternen eingesetzt. Durch ähnliche richtet man das Licht der Kutschenlaternen auf die Wagengleise. Andere Anwendungen kommen bei der Zauberlaterne und dem Sonnenmikroskop vor.

§. 19. Die parallel einfallenden Sonnenstrahlen werden von Glaslinsen so zusammengebrochen, daß sie sich im Mittelpunkte der Kugel vereinigen, von welcher die das Licht auffangende Seite ein Abschnitt ist, z. B. in c Fig. 88. In diesem Punkte zünden Linsen und heißen deshalb Brenngläser. Den zum Taschengebrauch bestimmten giebt man am besten Kugelabschnitte von 30 Grad Bogen und 3 Zoll Durchmesser (ef), in welchem Falle die Brennweite 6 Zoll beträgt. Hierbei ist anzumerken, daß Knoten in Fensterscheiben, und mehr noch jene vordem gebräuchlichen, rundgeschwungnen Fensterscheiben auf nah gestellte Körper als Brenngläser wirken, wodurch oft Brand veranlaßt worden ist.

§. 20. Die Wirkung der Brenngläser nimmt mit der Stärke des Sonnenlichtes ab und zu, so daß man diese nach jener schätzen könnte, wo technisch daran gelegen wäre. Beim Aufgange und Untergange der Sonne wirken die Brenngläser nur schwach;

Digitized by Google

ingleichen bei feuchter Luft und Sonnenringen. Im Winter wirken sie weit stärker als im Sommer, welches zum Theil der reineren und trockeneren Luft, zum Theil auch dem zuzuschreiben ist, daß die Sonne im Winter dem Erdball näher ist und ihn stärker beleuchtet.

§. 21. Außerdem hängt die Wirkung der Brenngläser von der Größe der Kugelfläche ab; denn je größer diese ist, desto mehr parallele Strahlen werden aufgefangen und zusammengebracht, und desto größere Hitze entsteht im Brennpunkte. Die Wirksamkeit zweier Brenngläser würde sich demnach verhalten wie die Quadrate ihrer Durchmesser oder Sehnen, so daß eine Linse von 6 Zoll Durchmesser viermal so starke Hitze gäbe als eine von 3 Zoll, und man könnte mithin durch Vergrößerung des Durchmessers die Wirkung beliebig steigern; allein es ist sehr schwierig große Massen von Glas ganz rein zu gießen und regelmäßig abzuschleifen. Die größten Brenngläser bereitete der sächsische Freiherr Walter von Tschirnhausen 1680 — 1700. Mehre derselben haben 2 — 3 Fuß Durchmesser, 60 — 80 Pfund Gewicht und 4 — 5 Fuß Brennweite. Sein größtes hatte 160 Pfund Gewicht, 33 Zoll Durchmesser und 12 Fuß Brennweite.

§. 22. Sowol wegen nicht vollkommener Reinheit des Glases, als auch vermöge der Kugelgestalt selbst, vereinigen große Brenngläser die gebrochenen Strahlen nicht eigentlich in einen mathematischen Punkt, sondern drängen sie nur in einen kleinen Kreis zusammen, welchen man den Brennraum nennt, und hinter demselben zerstreuen sich die Strahlen wieder. Wenn aber der Strahlenkegel durch eine zweite, kleinere Linse, wie cd Fig. 89, aufgefangen und nochmals nach e zusammengebrochen wird, so entsteht eine ungemein verstärkte Glut in dem verengten Brennraum. Die zweite Linse nennt man das Kollektivglas, die ganze Vorrichtung aber ein doppeltes Brennglas. Tschirnhausen, der Erfinder desselben, brachte dadurch die meisten Metalle, Erd- und Steinarten zum Schmelzen und zeigte den Weg zur Porcellanbereitung.

Digitized by Google

§. 23. Wenn man zwei gleich große Uhrgläser mit abgeschliffenen Rändern unter Wasser zusammenfügt und dann herausnimmt, so wirken sie als Brennglas. Da man sich leichter und wolfeiler große Uhrgläser verschaffen kann als massive Linsen, so hat man öfter solche zusammengesetzte Brenngläser von großem Durchmesser bereitet als massive. Berniere verfertigte ein solches 1770 in Paris, dessen linsenförmiger Zwischenraum in der Mitte 6½ Zoll weit und mit Terpentinöl gefüllt war. Die Brennweite betrug über 10 Fuß und wurde durch ein Kollektivglas verkürzt, in dessen Brennpunkt Stabeisen schmolz und rauchend verbrannte.

§. 24. Der Fehler, daß auch die reinsten sphärischen Brenngläser die Lichtstrahlen nicht genau in einen Punkt vereinigen, wird vermieden, wenn man einer von beiden Hälften parabolische Krümmung giebt, wie B in Fig. 90. In diesem Falle bedarf es keines Kollektivglases, um die größte Wirkung hervorzubringen. Das von Andreas Rospino erfundene Brennglas, welches alle bekannten weit übertrifft, hat diese Einrichtung. Es besteht aus einem sphärischen Uhrglase A und einem parabolischen B, welches letztere der Sonne zugekehrt wird. Beide sind im Glase ¼ Zoll dick, und der Durchmesser der Umkreise beträgt 3 Fuß. Sie sind luftdicht in einen hölzernen Rahmen zusammengefaßt. Der Zwischenraum C ist in der Mitte 1 Fuß weit und mit 46 Maß Weingeist angefüllt. Obenauf steht eine gläserne Holkugel D, welche bei der Ausdehnung des Flüssigen durch die Wärme das Mehr in sich aufnimmt. Die ganze Linse bewegt sich durch ein Uhrwerk nach dem Laufe der Sonne. Der Brennraum ist 5 Fuß von A entfernt und hat nur ½ Zoll Durchmesser. Platin, Stabeisen und Nickel schmelzen darin nach wenigen Sekunden in Tropfen zusammen, und der Diamant verbrennt mit heller Flamme.

§. 25. Die Bilder, welche durch Linsen gesehen werden, fallen, wie die der holen Kugelspiegel, nach Maßgabe der Entfernung

Digitized by Google

verschieden aus. Betrachtet man durch eine Linse die Flamme einer entfernten Kerze, so sieht man ein verkleinertes und verkehrtes Bild derselben. Wird die Linse der Flamme näher gerückt, so erscheint ein verkehrtes und vergrößertes Bild. Beide Arten von Bildern entstehen aus Strahlen, welche sich durchkreuzen und daher Sehwinkel mit umgekehrten Schenkeln bilden. Führt man endlich die Linse einem Gegenstande noch näher, so sieht man ein nicht verkehrtes, aber vergrößertes Bild von Strahlen, welche in beiden Kugelflächen nach der Achse hin zusammengebrochen, sich im Auge vereinigen.

§. 26. Die Bilder der dritten Art, auf welche es hier hauptsächlich ankommt, stellen den Gegenstand in Vergrößerung dar, als wenn er dem Auge näher gerückt worden wäre, indem die Linse den Sehwinkel vergrößert, wie Fig. 91 zeigt. Sieht das Auge a den Gegenstand bc durch die Linse de, so werden die äußersten Strahlen bd und ce durch die Brechung in den Sehwinkel dae zusammengebracht, dagegen man bc in ebenderselben Entfernung ohne Linse unter dem kleineren Sehwinkel bac sehen würde. Auch Gegenstände, deren Sehwinkel so klein ist (vgl. XIX, 26) daß er vom nahen Auge nicht empfunden wird, werden dadurch erkennbar. Die Vergrößerung nimmt zu, wenn man die Linse von dem Gegenstande bis auf einen gewissen Punkt entfernt; aber in demselben Verhältniß nimmt der übersehbare Theil des Ganzen ab, bis endlich das Bild im Brennpunkte verschwindet.

§. 27. Wenn es darauf ankommt zu schätzen, wie stark eine Linse vergrößere, so kann dazu folgender Versuch dienen. Man ziehe eine Linie auf Papier, halte die Linse darüber und entferne sie so weit vom Papier, als die Vergrößerung unbeschadet der Deutlichkeit zunimmt. Denjenigen Theil der Linie, welcher jetzt den Durchmesser der Linse bildet, begränze man und trage ihn mit dem Zirkel auf der Linie fort. Nun lege man die Linse unmittelbar auf die Linie und zähle, wie viele

Digitized by Google

Theile jetzt den Durchmesser bilden. Diese Zahl, mit sich selbst multiplicirt, giebt die Vergrößerung. Bedeckt die Linse fünf solcher Theile, so vergrößert sie die sichtbare Fläche eines Gegenstandes 25 mal. Die Verkäufer optischer Werkzeuge pflegen aber die Vergrößerung nicht nach der wirklich sichtbaren Fläche, sondern nach der kubischen Größe zu schätzen und in besagtem Falle (25 × 5 =) 125 zu nennen, weil es so besser klingt.

§. 28. Eine Linse vergrößert desto mehr, je kleiner die Kugel ist, von welcher die Abschnitte genommen sind, wie auch, je näher jeder Abschnitt der Halbkugel kommt; denn desto stärker wird die Wölbung der Linse, und desto größer der durch Brechung entstehende Sehwinkel. Daher bewirken die sogenannten Staublinsen, welche die Größe eines Sandkorns haben, freilich die allerstärkste Vergrößerung; aber in der Ausübung sind sie unbrauchbar, wenigstens für sich allein nicht anwendbar, weil sie gar zu nah ins Auge gehalten werden müssen. Man begnügt sich daher zur stärksten Vergrößerung mit Linsen von $\frac{1}{2}$ Linie Durchmesser, welche nicht durch Abschleifen, sondern nach Sivrights Methode durch Schmelzen bereitet werden. Man schlägt einen Platindraht an einem Ende breit, bohrt in die Platte ein Loch von $\frac{1}{20}$ Zoll Durchmesser und legt auf das Loch ein Stückchen Krystallglas, eben groß genug, daß es nicht durchfalle. Mit dem Löthrohr zum Schmelzen gebracht, bildet es sich zur Linse, die sich im Loche fest anlegt und so zugleich gefaßt wird.

§. 29. Außer der Kugelgröße hängt die vergrößernde Kraft der Linsen von der lichtbrechenden Kraft der Masse ab, aus welcher sie bestehen. Eine und dieselbe Linse, aus zwei Uhrgläsern zusammengesetzt, wirkt sehr verschieden, jenachdem man sie mit Wasser, Weingeist oder Terpentinöl füllt. Linsen von Bernstein vergrößern weit mehr als Glaslinsen. Die allerwirksamsten liefert der Diamant. Die Vergrößerung einer Diamantlinse verhält sich zu der einer Glaslinse von derselben Form wie 8 zu 3. Wenn die Glaslinse 24 mal vergrößert, so

Digitized by Google

vergrößert die Diamantlinse 64 mal. Hat jene $\frac{1}{75}$ Zoll Brennweite, so ist sie bei dieser nur $\frac{1}{2400}$ Zoll lang. Leider wird die Benutzung der von Pritchard zu London geschliffenen Diamantlinsen durch die Seltenheit der Masse zu sehr beschränkt.

§. 30. Jedes gesunde Auge enthält im vorderen Theile ein Organ, welches den künstlich geschliffenen Linsen ähnlich gestaltet ist und aus einer krystallklaren Gallert besteht, weshalb es die Krystall-Linse genannt wird. Eine gewisse Wölbung derselben ist nothwendig, damit man deutlich sehe und erkenne. Im Alter trocknen die Säfte ein und die Wölbung der Linse nimmt ab. Alte Leute können deshalb zwar gut in die Entfernung sehen aber nahe Gegenstände, die acht Zoll und weniger vom Auge abstehen, nicht deutlich erkennen, welchen Fehler man Weitsichtigkeit nennt. Sie sehen jedoch deutlich durch flache Glaslinsen, deren Wölbung der Augenlinse zu Hülfe kommt. Darauf beruht der Nutzen der Brillen und Lesegläser. Viel ist daran gelegen, Linsen von derjenigen Vergrößerung dazu zu wählen, welche gerade hinreichend ist, indem starkgewölbte Linsen den Fehler der Weitsichtigkeit verschlimmern. Brillen von Bernstein haben große Vorzüge vor gläsernen, weil sie geringerer Wölbung bedürfen.

§. 31. Für gesunde Augen sind gewölbtere Linsen nützlich, um sehr kleine Gegenstände durch Ausbreitung zu verdeutlichen. Man nennt sie einfache Vergrößerungsgläser oder Lupen und faßt sie in Handhaben oder Gestelle. In technischer Beziehung ist diejenige Art vorzüglich wichtig, welche man die Leinwandprobe nennt. Das messingne Gestell abcd Fig. 92 ist beinah so hoch als die Brennweite der Linse e. In den Bodenplatte bc ist ein Quadrat f ausgeschnitten. Man stellt das Instrument so auf die zu prüfende Leinwand, daß die Fäden den Seiten des Quadrats parallel laufen, und zählt durch die Linse, wieviele Fäden in der Länge und Breite des Quadrates liegen. Nach ihrer Zahl kann die Feinheit der Leinwand oder eines

Digitized by Google

anderen glatten Zeuges verglichen, auch wol der relative Werth nach der Regel vom Dreisatz berechnet werden.

§. 32. Wenn mehre Linsen in angemessenen Zwischenräumen hinter einander gestellt werden, so vergrößert jede das von der andern ihr zugeworfene Bild nochmals, wodurch eine große Wirkung entsteht. Man nennt solche zusammengesetzte Werkzeuge Mikroskope. Ihre Wirkung im Ganzen findet man durch Multiplikation der Zahlen, welche (§. 27) die Vergrößerungen der einzelnen Linsen ausdrücken. Wenn z. B. von drei Linsen die erste 30 mal, die zweite 10 mal und die dritte 20 mal vergrößert, so vergrößern sie zusammen den Gegenstand 6000 mal. Die kleinen Gegenstände werden zwischen zwei Glasblättchen in Schieber eingesetzt. Nach der äußeren Einrichtung sind die Mikroskope entweder Handmikroskope, wenn das Rohr in der Hand gegen das Licht gehalten wird, oder Spiegelmikroskope, wenn das Rohr im Gestelle senkrecht gerichtet ist und ein drehbarer Spiegel das Sonnenlicht von unten hineinwirft.

§. 33. Die ungeheuerste Vergrößerung bewirkt das von Lieberkühn 1738 erfundne Sonnenmikroskop. Das Rohr wird horizontal in den Fensterladen eines verfinsterten Zimmers eingesetzt. Aussen wird ein Spiegel drehbar angebracht, welcher das Sonnenlicht in das Rohr wirft. Zunächst wird das einfallende Licht durch eine große Linse in einen engeren Kreis zusammengebracht, und so fällt es durch den Schieber und den darin befestigten durchsichtigen Gegenstand. Nun fällt das Bild auf eine sehr gewölbte kleine Linse, welche es umkehrt und an die Hinterwand des Zimmers wirft, in einem erleuchteten Kreise, dessen Größe von der Entfernung der Wand abhängt. Zu dem größeren Junkerschen Sonnenmikroskop gehören drei Linsen zum abwechselnden Einsetzen, deren eine 4000 mal, die zweite 32,000 mal, die dritte 2,000,000 mal kubisch vergrößert. Sichtbar wird das vergrößerte Bild eigentlich durch die Schatten der minder durchsichtigen Theile des Gegenstandes. Der größte Vortheil

Digitized by Google

dieser Art von Vergrößerung besteht darin, daß man das Bild bequem von der Wand abzeichnen kann.

§. 34. Wenn zur Erleuchtung des Bildes an Statt des Sonnenlichtes Lampenlicht gebraucht wird, so entsteht dadurch ein Lampenmikroskop. Das von G. Adams 1787 verbesserte wirkt durch eine Argandsche Lampe, deren Licht ein Leuchtspiegel verdichtet in das Rohr zurückwirft. Vorgeschobene durchsichtige Gegenstände werfen ihr Bild auf Linsen, die es vergrößert an der entgegenstehenden dunklen Wand abbilden. Die gebräuchlichste Anwendung findet das Lampenmikroskop in der 1646 von Athanasius Kircher erfundenen Zauberlaterne, deren wesentliche Einrichtung Fig. 93 darstellt. Die Blechkapsel A verbirgt die Lampe a und den Leuchtspiegel b, dessen paralleles Licht durch die Linse c gesammelt wird. Einwärts strahlend geht es im Rohre B durch das im Schieber d e durchsichtig gemahlte und verkehrt eingesetzte Bild. Durch die Linse f noch mehr einwärts gebrochen, durchkreuzen sich die Strahlen zwischen f und der Linse g, welche demnach das Bild aufrecht an die Wand wirft und außerdem zur Verdeutlichung des Bildes dient, indem sie durch Verschiebung nach der Entfernung der Wand gestellt wird. Die Erscheinungen werden täuschender, wenn man das Bild auf Rauch fallen läßt, welcher aus der Spalte einer Kapsel wandförmig emporsteigt.

§. 35. Aehnliche Linsenverbindungen dienen dazu weit entfernte Gegenstände unter einem vergrößerten Sehwinkel darzustellen und dem Auge näher zu bringen. Das dazu bestimmte 1665 von de Rheita erfundene Werkzeug wird ein Fernrohr oder Tubus, richtiger Erdfernrohr genannt. Das mit mehren Auszügen versehene Rohr a d Fig. 94 enthält eine sehr flache, dem Gegenstande zugekehrte Linse, das Objektiv a, und am andern Ende drei gewölbtere Okulare b, c und d. Das Bild wird durch alle Linsen vergrößert und vermöge ihrer Stellung zweimal umgekehrt, einmal zwischen a und b, und nochmals zwischen b und c, so

Digitized by Google

daß es im Brennpunkte der Linse d aufrecht erscheint. Gewöhnlich tragen diese Fernröhre eine Meile weit; man hat aber auch wirksamere, die einen Menschen 4 — 6 Stunden weit deutlich sehen lassen.

§. 36. Wie stark ein Fernrohr vergrößere oder annähere, läßt sich durch folgende Fernrohrprobe ungefähr schätzen. Man richte es nach dem Vollmonde und sehe mit dem rechten Auge durch das Rohr, mit dem linken aber nebenhin, so wird man den Mond mit jedem Auge einmal sehen. Richtet man sodann das Rohr ein wenig schief, so wird das mit dem linken Auge gesehene unvergrößerte Bild in das vergrößerte hineinfallen, wie a in A Fig. 95, so daß man die Durchmesser beider vergleichen kann. Verhalten sie sich z. B. wie 1 zu 6, so ist die Vergrößerung $6 \times 6 = 36$, oder kubisch ausgedrückt $6 \times 36 = 216$. Diese Probe ist beim Ankauf immer nützlich, giebt aber nicht den alleinigen Maßstab des Werthes, welcher mehr von der Deutlichkeit des Bildes abhängt.

§. 37. Die wirksamsten Fernröhre nennt man vorzugweise Teleskope, d. h. Fernschauer. Zur Beobachtung des gestirnten Himmels bedient man sich meistens der Spiegelteleskope, welche statt des Objektivglases einen sphärischen, besser parabolischen Holspiegel haben, der das Bild auf einen anderen Holspiegel oder Planspiegel wirft, gegen welchen das Sehrohr mit zwei Okularen gerichtet ist. Die wunderbarste Annäherung bewirkt Herschels Teleskop zu Windsor, dessen Rohr 45 Fuß Länge und 5 Fuß Durchmesser hat. Das ganze Werkzeug wiegt 4000 Pfund und wird auf einem Gerüste durch Maschinerie bewegt. Es vergrößert den Durchmesser 7000 mal, mithin die Fläche 49 Millionen mal. Die kleinste Schrift kann man dadurch 1500 Fuß weit lesen.

§. 38. Wenn erhabene Glaslinsen zur Annäherung und Vergrößerung dienlich sind, so ist es eigentlich nur die Mitte, welche deutliche Bilder sehen läßt. Nach dem Rande zu verwirren sich viele Lichtstrahlen zwischen beiden Kugelflächen, wozu denn Bläschen,

Digitized by Google

Knoten, Federn und andere Unreinigkeiten des Glases, und die stets mindere Politur des Randes das ihrige beitragen. Daher wird das Auge ungemein ermüdet, wenn man Lupen, Mikroskope und gewöhnliche Fernröhre anhaltend gebraucht. Außerdem wird jener Fehler in gewißen Fällen nützlich, um Zeichnungen gleichsam verwischt darzustellen, daß man die Striche nicht unterscheiden kann und wirkliche Aussichten vor sich zu haben glaubt. Darauf beruht die Wirkung des optischen Spiegels. Verkehrt untergelegte Kupferstiche spiegeln sich in einem schief gestellten Planspiegel, den man durch eine große und starkgewölbte Linse betrachtet. Dasselbe Experiment dient im Guckkasten zur Belustigung des Volkes.

§. 39. Wenn durchsichtige Körper auf einer Seite, oder auf beiden Seiten, wie Fig. 96, hol ausgeschliffen sind, daß eine Linse darein passen würde, so nennt man sie Hollinsen oder konkave Linsen. So wie die entgegengesetzte Gestalt, haben sie auch die entgegengesetzte Wirkung, daß sie die durchgehenden Lichtstrahlen durch die zweimalige Brechung nicht näher zusammenbringen, sondern zerstreuen. Parallel ankommende Lichtstrahlen fahren auseinander und machen kein Bild; aber einwärts gehende werden durch die Brechung minder einwärts gehend und vereinigen sich zu einem spitzeren Sehwinkel, wodurch ein verkleinertes Bild entsteht, und zwar in jeder Entfernung ein anderes. Dieses verkleinerte Bild der Hollinsen zeigt sich aber dem Auge in vorzüglicher Deutlichkeit und Schärfe, weil hier keine Strahlenverwirrung im Bogenwinkel statt findet, auch bei dem verringerten Durchmesser des Glases das Licht weniger geschwächt wird. Vgl. XIX, 14.

§. 40. Personen, deren Augenlinse zu stark gewölbt ist (vgl. §. 30), können deshalb nur ganz nahe Gegenstände deutlich erkennen, aber nicht in die Ferne sehen, welchen Fehler man Kurzsichtigkeit oder Myopie nennt. Sie ist vornehmlich jungen, vollblütigen Personen eigen und verliert sich bei diesen

Digitized by Google

im Alter. Außerdem entsteht sie bei Zeichnern und Feinkünstlern überhaupt durch Verwöhnung. Kurzsichtige sehen jedoch entferntere Gegenstände deutlicher durch Hollinsen, weil diese, der Augenlinse vorgelegt, die zu starke Verkürzung des Sehwinkels verhüten. Hierauf beruht der Nutzen und Gebrauch der Holbrillen und Lorgnetten. Letztere haben denselben Vorzug vor ersteren als die Lesegläser in Vergleichung mit konveren Brillen, daß sie nämlich die Vereinigung der Bilder von beiden Augen nicht erschweren, mithin die Augen weniger ermüden.

§. 41. Wenn man in einem und demselben Rohre eine erhabene Linse und eine Hollinse in angemessener Entfernung zusammenstellt, so entsteht das 1590 von Jansen erfundene holländische Fernrohr, gewöhnlich Perspektiv, Taschenperspektiv oder Operngucker genannt. Die erhabene Linse wird dem Gegenstande, die hole dem Auge zugekehrt. Erstere vergrößert den Sehwinkel und bringt den Gegenstand näher, letztere zerstreut die verwirrten Strahlen und verdeutlichet wieder. Also werden hier die Vortheile der erhabenen und holen Linsen geschickt vereiniget und ihre Mängel gegenseitig aufgehoben. Noch gemeinnütziger wird das Werkzeug durch den Auszug des Rohres, vermöge dessen die Entfernung beider Linsen so gestellt werden kann, wie sie dem Bedürfnisse des Einen und des Andern angemessen ist.

§. 42. Giebt man einem Glase, wie Fig. 97, auf einer Seite die Gestalt einer stark gewölbten erhabenen Linse abc, auf der anderen aber die einer flacheren Hollinse adc, so entsteht daraus ein Näpfchen mit zugeschärftem Rande, welches von der Figur des Durchschnittes ein Möndchen oder Meniskus genannt wird. Dergleichen Gläser vergrößern wie erhabene Linsen, nur weniger; denn man kann sie als Zusammensetzung einer erhabenen und einer holen Halblinse betrachten. Würde die erhabene den Durchmesser 8 mal vergrößern, die hole aber 4 mal verkleinern, so wird das Möndchen um das Doppelte vergrößern. Wäre der wahre Durchmesser 3, so würde $3 \times 8 = 24 : 4 = 6$ seyn.

Digitized by Google

§. 43. Giebt man dagegen einem Glase, wie Fig. 98, auf einer Seite die Gestalt einer flacherhabenen Linse ab, auf der andern die einer gewölbteren Hollinse cd, so entsteht ein Näpfchen mit verdicktem Rande, ähnlich einer Kapelle. Gläser von dieser Art verkleinern, aber weniger als Hollinsen. Würde die erhabene Halblinse 4 mal vergrößern, die hole 8 mal verkleinern, so würde der wahre Durchmesser des Gegenstandes durch das Glas halb so groß dargestellt, wie z. B. $6 \times 4 = 24 : 8 = 3$.

§. 44. Beide vorbeschriebene Arten von Gläsern sind technisch wichtig geworden durch die 1815 von Wollaſten erfundenen periſkopiſchen Brillen, von welchen man zwei Arten hat. Die eine Art enthält zwei Möndchen und dient Weitsichtigen zur Vergrößerung in der Nähe statt der gemeinen Brillen; die andere bewirkt durch zwei Kapellen Verdeutlichung der Ferne für Kurzsichtige. Beide Arten werden so gefaßt, daß die Holfläche dem Auge zugekehrt ist, wodurch sie die Vortheile des Perspektivs gewähren. Wichtiger noch ist, daß sie das Gesichtfeld ungemein erweitern. Beim Gebrauche der gewöhnlichen erhabenen und holen Brillen kann das Auge nur in der Achse der Linse deutlich sehen, und wenn man einen daneben liegenden Punkt genau sehen will, muß der Kopf darnach gewendet werden. Dagegen hat beim Gebrauche periskopischer Brillen das Auge mehr Freiheit, ohne Wendung des Kopfes nach verschiedenen Richtungen zu sehen, oder „umzuschauen", wovon sie ihre Benennung haben. Die Erfahrung hat gezeigt, daß alle die Personen, welche Wollastons Brillen schon gebrauchten, nicht zu gewöhnlichen zurückkehren mögen.

Digitized by Google

XXII. Farbenbildung.

§. 1. Die Farben sind als verschiedene Arten von Licht zu betrachten, welche unter einander mehr oder weniger ähnlich sind. Alle können augenblicklich aus weißem Sonnenlichte hervorgerufen werden, als wenn sie in ihm schon vorhanden, nur unkenntlich wären. Alle durchsichtige Körper, welche mit geschliffenen Flächen versehen sind, verwandlen das weiße Licht durch Brechung in farbiges. Vor andern dient dazu ein dreiseitiges Prisma von Glas, welches man deshalb hier vorzugweise Prisma nennt. Auch bei trübem Wetter und in der Dämmerung erzeugt es Farben, wenn man es wagerecht vor die Augen hält, daß eine der Kanten an der Nasenwurzel anliegt. Alle hinlänglich erleuchtete Gegenstände erscheinen dann mit buntfarbigen Säumen.

§. 2. Ausgezeichneter wird dieselbe Erscheinung bei Sonnenschein hervorgebracht, wenn man das Prisma dicht am Fenster wagerecht hält, so daß eine der Kanten gegen die Sonne gerichtet ist. Es fahren dann ungefähr in der Richtung der übrigen Kanten Farbenstrahlen aus dem Prisma, welche von schattigen Flächen aufgefangen, sich in breiten buntfarbigen Streifen darstellen und dann Farbenbilder genannt werden. Das eine fällt unter das Fenstergesims auf den Fußboden, das andere auf die entgegenstehende Wand. Beide zeigen dieselben Farben, aber in entgegengesetzter Ordnung. Kann man das Zimmer verfinstern und nur einzelne Lichtstrahlen durch ein Loch mit dem Prisma auffangen, so werden die Farbenbilder noch leuchtender.

§. 3. Lichtstrahlen, welche senkrecht in eine Fläche des Prisma einfallen, bilden keine Farben. Nur schief einfallende erzeugen Farbenbrechung, weil sie allein überhaupt Brechung erleiden, und zwar nicht beim Eingange, auch nicht im Innern des Prismas, sondern bei der zweiten Brechung am Ausgange. Es sey z. B. abc Fig. 99 das Prisma und a die der Sonne d zugekehrte Kante, so werden Sonnenstrahlen in e und f nach dem Loth

Digitized by Google

zu gebrochen, durchkreuzen sich in m, und gehen dann in Farbenstrahlen auseinander, der Strahl dem neben c hin, der Strahl dfm neben b hin, so daß die gleichbenannten Strahlen beider Farbenbilder ganz gleiche Winkel bilden und in ebenderselben Farbe erscheinen, woraus die entgegengesetzte Ordnung entsteht.

§. 4. Ein zufällig entstandener Gebrauch mißt dem Farbenbilde sieben Farben bei; in der That sieht man aber entweder drei, oder sechs, oder elf, jenachdem das Farbenbild mehr und mehr verdeutlichet wird. Die drei stärksten Farbenstreifen, die man in jedem Falle unterscheidet, sind Blau, Gelb und Roth, welche deshalb Hauptfarben genannt werden. Von diesen dreien bildet der blaue mg den größten Winkel mit der geradlinichten Fortsetzung der Strahlen fm und em, der rothe mi aber den kleinsten. Der blaue entsteht also durch die stärkste, der rothe durch die geringste, und der gelbe mh durch mittlere Brechung.

§. 5. Deutlichere Farbenbilder zeigen zwischen und neben den Hauptfarben noch andere, welche den Uebergang aus einer Hauptfarbe in die andere bilden und Mittelfarben heißen. Ihrer sind ebenfalls drei. Außerhalb des Blauen erscheint Violet in mo; zwischen Blau und Gelb liegt Grün mx, zwischen Gelb und Roth aber Orange mv. Zwischen diesen Strahlen liegen noch andere Uebergänge, die nur bei der größten Verdeutlichung des Farbenbildes unterschieden werden. Die Breite der benannten sechs Farbenstrahlen findet man sehr ungleich, indem Violet und Blau die Hälfte der Breite des Farbenbildes einnehmen, das Roth aber nur einen schmalen Saum bildet.

§. 6. Wenn schon das Auge gegen den Reiz des farbigen Lichtes sehr empfindlich ist, so bemerkt man doch leicht, daß keiner der Farbenstrahlen in der Leuchtkraft dem weißen Lichte gleichkomme. Am nächsten kommt ihm das in der Mitte des Farbenbildes liegende gelbe Licht, welches auch in Weiß übergeht, wenn das Farbenbild von sehr nahen Flächen aufgefangen wird.

Digitized by Google

Nach den Rändern hin nimmt die Lichtstärke stufenweise ab, als wenn das Licht in Violet und Roth auf entgegengesetzte Weise zersetzt würde. Wird das ganze Farbenbild mit einer erhabenen Linse aufgefangen, welche die bunten Strahlen in ihren Brennpunkt zusammenbricht, so vereinigen sich alle wieder zu weißem Lichte von ungeschwächter Stärke; aber jenseit des Brennpunktes gehen sie in umgekehrter Ordnung wieder auseinander.

§. 7. Die Kraft des weißen Lichtes, Wärme zu entbinden, wenn es zurückgeworfen wird, wohnt den farbigen Strahlen in sehr ungleichem Maße bei. Der am stärksten gebrochene violblaue Strahl erwärmt die Thermometerkugel am wenigsten, der gelbe mehr, noch mehr der rothe, so daß die Wärmeentbindung dieser drei Farbenstrahlen sich verhält wie 16, 25 und 55. Außerhalb des rothen Strahles, etwa einen halben Zoll weit vom Farbenbilde ab, läuft nach Herschels Beobachtung ein unsichtbarer Wärmestrahl mw, welcher das Thermometer noch schneller als der rothe zum Steigen bringt.

§. 8. Mehrseitige Prismen, Pyramiden und Polyeder überhaupt bewirken eine ähnliche Farbenbrechung, weshalb alle Gegenstände, durch sie betrachtet, bunt erscheinen; allein die Farbenbilder sind schmal und nur die Hauptfarben zu erkennen. Auch starkes Kerzenlicht wird durch sie farbig gebrochen, wozu man sie bei Kronleuchtern, Illuminationen und Theaterdekorationen anwendet, um das Auge durch wechselndes Farbenspiel zu ergetzen. Die größte Wirkung thun diejenigen geschliffenen Gläser, deren Grundform das Tetraëder ist.

§. 9. Kegelförmig geschliffene Gläser werfen, wenn man die Spitze des Kegels a Fig. 99 gegen die Sonne richtet, zahllose Farbenbilder durch die Grundfläche bc, welche sich alle zu einem einzigen kreisförmigen Farbenbilde vereinigen. Man nennt solche Gläser von dieser Wirkung Farbenkegel, auch wol unrichtig Kegelprismen. Im verfinsterten Zimmer wirft der Kegel einen prächtigen Regenbogen an die entgegengesetzte Wand, welcher

Digitized by Google

im äußersten Ringe Violblau, im inneren Roth zeigt. Er wird desto größer und breiter, je weiter die Wand vom Kegel absteht.

§. 10. Erhabene Linsen können als bauchige Kegel betrachtet werden und erzeugen daher bei der Brechung des durchgehenden Lichtes auch Farbenstrahlen, von welchen die brechbarsten blauen nach dem Rande hinausgeworfen werden. Sehr deutlich wird das, wenn man ein großes Brennglas gegen die Sonne hält und jenseit des Brennpunktes den sich erweiternden Lichtkegel mit weißem Papier auffängt. Alle Glaslinsen erzeugen dieselben blauen Farbenringe, wenn die gesammleten Lichtstrahlen sich durchkreuzen. Ist aber das Glas nicht rein von Bläschen, so entstehen buntfarbige Säume, von welchen alle Gegenstände, durch gewöhnliche Fernröhre betrachtet, umgeben erscheinen. Dieses Farbenspiel macht die Bilder undeutlich und ermüdet das Auge bei dem Bestreben, dennoch hell zu sehen.

§. 11. Das Farbenspiel der Linsen kann aufgehoben werden, wenn man das Objektivglas des Fernrohrs aus Gläsern von sehr ungleicher Dichtigkeit und lichtbrechender Kraft zusammensetzt und dem dichteren Glase die Gestalt einer Hollinse giebt. Auf solche Weise entstehen achromatische Fernröhre, durch welche man die Gegenstände farbenlos erblickt. Die ersten verfertigte nach Eulers Idee der ältere Dollond 1757, und der jüngere Dollond vervollkommnete sie 1785, weshalb man diese Werkzeuge oft nach beiden „Dollonds" benennt. Die Objektive des letzteren bestehen, wie Fig. 100 zeigt, aus drei Theilen, zwei erhabenen Linsen a und c von gewöhnlichem weißen Crownglas und einer Hollinse b von Flintglas, einem durch Zusatz von Bleioxyd verdichteten Krystallglase.

§. 12. Die lichtbrechende Kraft des englischen Flintglases verhält sich zu der des Crownglases wie 3 zu 2, und die dadurch entstehende Verdeutlichung ist so groß, daß man durch einen vierfüßigen Dollond eben so weit sieht als durch ein zwanzig

Digitized by Google

Fuß langes gewöhnliches Fernrohr. Neuerlich sind aber die Dollonds durch die Münchner Achromaten von Frauenhofer noch weit übertroffen worden, indem die brechende Kraft seines Flintglases sich zu der des gemeinen Glases verhält wie 4 zu 2. Auch gelang es ihm beide Glasarten in größeren Massen vollkommen rein darzustellen und größere Linsen zu schleifen, dagegen die Engländer nur Instrumente von höchstens vier Zoll Oeffnung zu Stande bringen konnten. Hollinsen von Bernstein dürften das beste Flintglas ersetzen.

§. 13. Durchsichtige Kugeln werfen außer den weißen Strahlen, welche sie nach der Achse hin sammlen, auch in Farben gebrochene in der Richtung, welche Fig. 101 anzeigt. Der Sonnenstrahl, welcher in b schief einfällt, wird nach einem Punkte c hin gebrochen, von da unter gleichem Winkel nach d zurückgeworfen, hier nochmals gebrochen und in Farben zerlegt nach e hingeworfen. Die Spiegelung in c verursacht, daß das Farbenbild von der Kugel nach der Sonnenseite zurückgeworfen wird. Außerdem wird jeder Farbenstrahl unter gleichem Winkel als beim Prisma ausgeschieden. Wo viele Kugeln zugleich Sonnenstrahlen brechen, erhält das Auge verschiedene Farbenstrahlen von ihnen. Auf solche Weise entsteht das bunte Farbenspiel bethaueter Wiesen bei Sonnenaufgang, und bethaueter Spinngewebe, wenn sie von e aus gesehen werden.

§. 14. Auf jener Farbenbrechung in Kugeln beruht auch die Entstehung des Regenbogens, welcher uns erscheint, wenn wir zwischen Sonne und Regen stehend, nach dem Regen sehen. Denkt man sich den herabfallenden Regen als eine Wand von Wasserkugeln, so werden von Trillionen Tropfen, welche mit Sonne und Auge gleiche Winkel bilden, Strahlen derselben Farbe in das Auge kommen und sich in einfarbigem Kreise darstellen, viele solcher Kreise aber sich in ein Kreisfarbenbild vereinigen müssen. Diese Erscheinung wird freilich in jedem Augenblicke verschwinden, aber durch nachfallende Tropfen erneuert, Dauer gewinnen. So

Digitized by Google

sieht auch jeder Beobachter einen anderen Regenbogen, der von anderen Tropfen erzeugt wird.

§. 15. Die verschiedenen Abänderungen der Regenbogen beruhen größtentheils auf der Bestimmtheit der Winkel von 40 — 42°, unter welchen die Farbenstrahlen gebrochen werden. Jeder Regenbogen bildet einen vollständigen Kreis; aber nach der Höhe des Standortes übersieht man davon mehr oder weniger, den ganzen Kreis auf hohen Bergen, den Halbkreis auf der See u. s. w. Nur am Morgen und Abend können Regenbogen gesehen werden, wenn die Sonne höchstens 42 Grad über dem Horizont steht. Da der violblaue Strahl am stärksten gebrochen wird, so kann er nur von solchen Tropfen zum Auge kommen, welche mit Sonne und Auge den kleineren Winkel bilden, aus welchem Grunde das Farbenbild innerlich violblau und äußerlich roth erscheint. Bei sehr starkem Sonnenlichte entsteht außerhalb des ersten noch ein zweiter abgespiegelter Regenbogen, dessen Farben in umgekehrter Ordnung auf einander folgen. Auf der See entsteht zuweilen noch ein dritter vom Lichte des Wasserspiegels und durchkreuzt die beiden anderen. Auch der Vollmond erzeugt als Spiegel Regenbogen.

§. 16. Zum Sichtbarwerden des Regenbogens bedarf es keiner größeren Entfernung, als da man die Tropfen nicht mehr unterscheiden kann. Noch näher stehend sieht man freilich nur verwirrte Farbenstrahlen, wie z. B. beim Pfauenschweife (IX, 11) und Heronbrunnen. Oberschlächtige Mühlräder bewirken schon etwas Aehnlicheres. Mehre Wasserfälle erzeugen vermöge des feinen Staubregens, den sie verursachen, ausgezeichnet schöne Regenbogen, welche im vollen Kreise erscheinen, wenn man zur rechten Tageszeit den gehörigen Standpunkt nimmt, z. B. der Rheinfall bei Schafhausen, der Marmorfall bei Velino und der Staubbach im Lauterbrunner Thale. Es würde daher nicht schwer fallen, in Lustgärten durch Emportreiben feinzertheilter Wasserstrahlen in einer ebenen Wand künstliche Regenbogen darzustellen.

Digitized by Google

§. 17. Auch Wasserdämpfe, welche anfangen sich zu verdichten, brechen in diesem Zustande durchgehendes Licht in Farbenstrahlen; weil aber vor vollendeter Tropfenbildung die innere Spiegelung des Lichts (in c Fig. 101) wegfällt, so wird das farbige Licht nicht rückwärts, sondern vorwärts geworfen, so daß es auf der dem Licht entgegengesetzten Seite in farbigen Ringen erscheint. Solche Ringe sieht man um die Lichter her in feuchten Kellern oder in einem mit Dampf erfüllten Waschhause. Aehnliche entstehen, wenn man die Glocke der Luftpumpe mit Wasserdampf füllt (X, 32), ein Licht dahinter stellt und den Hahn öffnet. Auf dieselbe Art entstehen die sogenannten Höfe um Sonne und Mond, wenn die Luft mit Wasserdunst überladen ist. Wenn sie deutlich genug sind, unterscheidet man die drei Hauptfarben, die nach ihrem eigenthümlichen Winkel so geordnet sind, daß die am wenigsten gebrochenen rothen Strahlen den inneren Ring, die am stärksten gebrochenen blauen aber den äußeren Ring bilden.

§. 18. Die Luft ist so durchsichtig, daß wir in kurzen Räumen keine Veränderung des Sonnenlichts darin wahrnehmen; allein im Umfange der Atmosphäre ist es ein Anderes. Die zunehmende Dichtheit der unteren Luftschichten bringt eine Farbenbrechung ohne Spiegelung hervor. Die am stärksten gebrochenen blauen Strahlen, welche am meisten unterwärts gehen, machen, daß der heitere Himmel uns in gewisser Entfernung von der Sonne blau erscheint. Dagegen sehen wir bei heiterem Wetter und tiefem Sonnenstande im Morgen- und Abendroth ein Farbenbild im Großen um die Sonne. Die senkrecht einbrechenden Strahlen umgiebt zunächst ein feuerrother Ring, diesen ein gelber, der sich durch mattes Grün in die allgemeine Himmelsbläue verzieht.

§. 19. Eine dritte Farbenbrechung ohne Spiegelung entsteht in flüssigen Auflösungen, wenn durch unvollkommen aufgelöste Stoffe die Gleichartigkeit der Theile aufgehoben wird, in welchem

Digitized by Google

Falle unter gewissen Winkeln schielende Farben gesehen werden. Wenn man z. B. Griesholz in Brunnenwasser legt, so erscheint die Ausziehung davon nach einigen Stunden roth, gelb oder blau, jenachdem man die Stellung gegen das Licht verändert. Ein ähnliches Schielen entsteht, wenn man Regenwasser mit einigen Tropfen von der Auflösung des Quecksilbers in Scheidewasser versetzt. Dünne Scheiben von Milchglas schielen aus derselben Ursach bunt. Die grüne Farbe des Meerwassers beruht ebenfalls darauf.

§. 20. Manche halbdurchsichtige Körper bewirken, ohne bestimmte äußere Gestaltung, vermöge ihres inneren Gefüges eine deutliche Farbenbrechung mit Spiegelung, so daß sie das einfallende Sonnenlicht in verschiedenen Farben zurückwerfen, jenachdem man sie wendet. Im ausgezeichnetsten Grade besitzt diese Eigenschaft der edle Opal, von welchem sie Opalisiren genannt wird, und das Weltauge, wenn es Wasser eingesogen; außerdem der Labradorstein, der opalisirende Muschelmarmor, die labradorische Hornblende, die Perlen und manche Arten von Perlmutter, Pfauenfedern, Halsfedern der Tauben und Enten, alter Schinken u. s. w. Die Perlmutter theilt ihren Schein, so weit er vom äußeren Gefüge abhängt, nach Brewsters Beobachtung schwarzem Siegellack im Abdrucke mit.

§. 21. Farbig-durchsichtige Körper zersetzen das durchgehende weiße Licht und verwandlen es in farbiges, aber nicht durch Brechung, sondern durch eigenthümliche Anziehung. Daher geht in allen Richtungen nur Farbenlicht von einer und derselben Art hindurch, und die Farbe ist nicht von Gestalt und Stellung des Körpers, wol aber von seiner chemischen Mischung abhängig. Diese Farbenbildung bewirken die meisten Edelsteine, die durch Metalloxyde gefärbten Gläser, die sogenannten Tinkturen, auch einige Gasarten und Dämpfe. Weiße Körper, welche durch solche farbige beschienen werden, erscheinen in derselben Farbe. Wird der Cantonsche Lichtsauger durch farbige Gläser besonnt,

Digitized by Google

so leuchtet er nachher in derselben Farbe. Rothe Gläser erwärmen das durchgehende Licht am meisten (§. 7). Blaue Gläser vermindern das Tageslicht zur Dämmerung, aber gelbe geben ihm die Lebhaftigkeit des Abendsonnenscheins. Die chinesischen Glashäuser zeigen diese und noch andere Wirkungen.

§. 22. Viele undurchsichtige Körper besitzen die Eigenschaft, statt des weißen Sonnenlichtes, welches sie auffangen, nur farbiges zurückzuwerfen, welches ebenfalls nicht durch Brechung, sondern durch Zersetzung des Lichts an der Oberfläche geschieht. Dahin gehören die meisten Metalloxyde und viele Farbestoffe des Thier- und Pflanzenreiches. Ihre lichtzersetzende Kraft kann andern Körpern mitgetheilt werden. Die Malerei bewirkt das durch Ueberkleidung mit Farbstoffen, die Färberei dagegen durch Anfüllung der Zwischenräume mit aufgelösten Farbestoffen. In so weit die Farbestoffe ganz undurchsichtig sind und nur an der Oberfläche wirken, wächst ihre lichtzersetzende Kraft, so wie man die Oberfläche durch Feinreiben oder Auflösung vermehrt.

§. 23. Die Farben der Farbstoffe entsprechen den durch Brechung entstehenden prismatischen in ihrem Verhältniß unter einander. Hier wie dort giebt es nur drei wesentlich verschiedene, einfache oder Grundfarben, die blaue, gelbe und rothe. Aus je zwei derselben entstehen durch Zusammensetzung gemischte Farben, welche den Mittelfarben §. 5 entsprechen. Die Mischung derselben kann auf dreierlei Weise bewirkt werden, und zwar mit gleichem Erfolge. Gewöhnlich vermischt man einfache Farbestoffe und Tinkturen, welche einander nicht zerstören, unmittelbar, wie das in der Malerei und Färberei täglich geschieht, wobei die neue Farbe nach Maßgabe des Mischungverhältnisses der einen oder andern einfachen Farbe ähnlicher wird, auch im Auftragen auf Papier darnach ausfällt.

§. 24. Wenn solche Farbstoffe, die einander unzersetzt lassen, nicht zur Hand sind, kann die Zusammensetzung der Farben durch

Digitized by Google

Mischung farbiger Durchscheine geschehen, indem man farbige Gläser zusammen gegen das Licht hält. Diese Methode ist für den Fabrikanten und Kaufmann gleich bequem zur Vergleichung, auch zur Erfindung neuer Farbenmischungen. Es gehört dazu ein Vorrath sehr dünner und ebener Glasscheiben vom reinsten Blau, Gelb und Roth, nebst einer Anzahl farbloser. Diese Farbenapparate müßten nach festen Regeln übereinstimmend angefertiget werden. Man würde dann im Stande seyn eine beliebige Farbe durch Briefe zu bezeichnen.

§. 25. Eine dritte Art von Farbenmischung wird mechanisch durch schnelle Umdrehung einer Fläche bewirkt, auf welcher die einfachen Farben neben einander aufgetragen sind. Die Vorrichtung dazu nennt man die Farbenspindel. Eine runde Scheibe von Holz, welche im Mittelpunkte durchbohrt und mit einem Stifte durchsteckt ist, wird leicht auf dem Tische durch Schnippen zwischen den Fingern in schnellen Umschwung gesetzt. Wenn man die Scheibe theilweise mit verschiedenen Farben anstreicht oder mit farbigem Papier beklebt, so mischen sich die Farben durch die Umdrehung und es entsteht Grün aus Blau und Gelb, Orange aus Gelb und Roth, Violet aus Blau und Roth. Die Mischung fällt verschieden aus, jenachdem die eine oder die andere einfache Farbe einen größeren Ausschnitt des Kreises bedeckt. Wenn auch zu technischen Zwecken wenig anwendbar, dient der Versuch doch zum Beleg der vorigen und folgenden Sätze.

§. 26. Wenn man Roth, Gelb und Blau, oder auch alle sechs Farben des Prisma auf die eine oder andere Weise mischt, so heben sie sich unter einander auf und erzeugen ein schmutziges Grau. Dasselbe geschieht in jedem Falle, wenn mehr als zwei Farben zusammenkommen. Wird die dritte nur in geringem Maße zugesetzt, so kann sie zwar die anderen nicht aufheben, aber verunreiniget sie doch, und solche Farben werden matt genannt. So giebt z. B. Orange mit Indig kein schönes, sondern ein sehr mattes Dunkelgrün. Dagegen nennt man diejenigen Mittelfarben

Digitized by Google

rein, welche nur aus zweien gemischt sind. Auch diese zweitheiligen haben eine schwächere Wirkung auf den Farbensinn, als wenn eine einzige Grundfarbe ungemischt erscheint. Farben dieser Art nennt man brennend, wenn sie zugleich stark sind, welcher Ausdruck daher eigentlich nur vom Blau, Roth und Gelb gebraucht werden kann.

§. 27. Weiße Körper werfen das Licht ungefärbt zurück, weil sie gar keine zersetzende Kraft besitzen. Wenn weiße Theile mit farbigen in der Fläche abwechseln, so entsteht eine vereinzelte Farbenstrahlung, eine Schwächung ohne Verunreinigung, welche technisch entweder durch Verdünnung der Farbebrühe, oder durch Verspinnen, oder durch Verweben farbiger und weißer Stoffe erzielt wird. Das Mehr oder Weniger von Weiß und Farbe wird dann der Farbenton genannt, weil es ähnliche Abstufungen darbietet als die Töne. Je weniger Weiß der Farbe zugesetzt ist, desto höher nennt man sie, und Farbe ohne alles Weiß heißt gesättiget (oder brennend). Jemehr Weiß zugesetzt wird, desto heller wird die Mischung, und sehr geschwächte Farben heißen blaß.

§. 28. Schwarze Körper werfen weder gefärbtes, noch ungefärbtes Licht zurück, indem sie das auffallende Licht durch Bindung ganz zerstören (XIX, 29). Sind schwarze Theile mit weißen gemischt, so entsteht das reine Grau, in derjenigen Tiefe, welche dem Verhältniß der Mischung entspricht. Werden schwarze Theile mit farbigen vermischt, so entsteht eine Verdunkelung der Farbe, und das Mehr oder Weniger derselben heißt die Schattirung. Verdunkeltes Gelb heißt Braun, verdunkeltes Roth aber Rothbraun. Blau ist an sich in der Wirkung auf den Farbensinn dem Schwarzen ähnlich und wird durch zugesetztes Schwarz nur vertieft.

§. 29. Wenn Theile von verschiedenen Farben in regelmäßiger Ordnung so gestellt werden, daß in gewissen Richtungen nur Theile von einer Farbe gesehen werden, so entsteht das sogenannte

Digitized by Google

Schillern, ein Farbenspiel durch Zurückwerfung, welches mit dem durch Brechung erzeugten (§. 19, 20) nichts gemein hat. Diese Wirkung wird im Groben hervorgebracht, wenn ein Bret gitterförmig gefurcht und an den vier Flächen der Furchen mit verschiedenen Farben bemahlt wird. Feiner bewirkt die Weberei dasselbe, wenn Kette und Einschlag verschiedene Farben hat, wie z. B. beim Schillertaffet. Die Natur hat den Flügelstaub des Schillervogels auf ähnliche Art geordnet. Das prächtige Farbenspiel der Bupresten und mehrer anderen Käfergeschlechter beruht zum Theil ebenfalls auf Gruppirung der Oberfläche, zum Theil aber auf prismatischer Farbenbrechung.

§. 30. Oft entstehen Farbenveränderungen in Folge chemischer Einwirkung eines Körpers auf den anderen. Die meisten Pflanzenblaue werden durch Säuren roth gefärbt, d. h. sie erhalten die Kraft das weiße Licht in rothes zu verwandlen. Die farblose Stärke wird durch Jodin blau, Eisenoxydul durch Gallapfelsäure schwarz, Arsenik durch Schwefel gelb, Queckſilber durch Schwefel zinnoberroth. Mandelöl mit Stärke und Schwefelsäure zusammengerieben, färbt sich zuerst gelb, dann feuergelb, dann roth, endlich violblau. Der Extrakt vom Blauholz ist anfänglich grau, wird durch Erhitzung gelb, roth und zuletzt blau. Beim Erkalten geht er, wenn keine Luft zutritt, in umgekehrter Folge zum Grau zurück. Indigo löst sich in der Küpe grün und wird an der Luft wieder blau. Dem Chemiker geben diese Farbenveränderungen die brauchbarsten Kennzeichen.

§. 31. In manchen Fällen bringt das Licht selbst Farben durch chemische Einwirkung hervor. Braunsteinhaltiges Glas wird nach Faraday nur dann amethystfarben, wenn es von hellem Lichte beschienen wird, nicht im Finstern. Mit Goldauflösung bestrichene Fingernägel färben sich am Taglichte purpurroth. Graues Haar, benetzt mit sehr verdünnter Auflösung des Silbersalpeters, schwärzt sich am Lichte. Das schneeweiße Hornsilber (I, 17) wird vom Lichte violet, vornehmlich schnell im violblauen

Digitized by Google

Strahle des Prisma. Bleifirnisse und Oelfarben werden vom Lichte braun gefärbt, wodurch die nachtheilige Verdunkelung der Oelgemählde entsteht, welche durch Versinsterung der Galerieen und durch Verhängen einzelner Stücke aufgehalten werden kann.

§. 32. Lebende Pflanzen erlangen hauptsächlich durch das Sonnenlicht ihr frisches Grün. Im Finstern wachsend, z. B. im Keller oder in Bergwerken, bleiben sie in der Regel weiß, und in tiefem Schatten bleich; aber in helles Licht gebracht, färben sie sich bald grün. So färben sich auch die Sprossen vom Spargel, Hopfen, Zwiebelgewächsen u. s. w., erst beim Ausbrechen am Taglichte. Nach Beobachtungen von Senebier und von Humboldt grünen Gewächse auch im Stickgas ohne Licht, welches vielleicht eine Beziehung zwischen Stick- und Lichtstoff andeutet.

§. 33. Lebende Thiere werden nicht minder durch Sonnenlicht gefärbt. Die menschliche Haut bräunt sich um so stärker, je öfter sie ungebrochenem Lichte ausgesetzt wird. Das Weiß der Kinder dunkelt mit den Jahren. Die Bläße der Stubensitzer röthet ein einziger Tag im Freien, und die Märzsonne lockt Sommersprossen aus dem Winterweiß. Blondes Haar dunkelt stark im Sonnenschein, nicht so leicht das untere im Nacken. Die meisten Säugethiere, Vögel, Amphibien und Fische sind daher an der Lichtseite, d. h. auf dem Rücken, dunkler und lebhafter gefärbt. Schlangen, Krebse und Raupen färben sich nach der Häutung schnell am Lichte, so auch die aus der Larve schlüpfenden Insekten. In Hölen verschlagene Thiere verändern sich auffallend bei gänzlichem Mangel an Licht. So werden die vom Zirknitzer See verschlungenen Enten schwarz. Der rosenrothe Proteus der Krainer Hölen wird am Taglichte grün.

§. 34. So wie das Licht durch farbige Körper zersetzt und in farbiges verwandelt wird, so wirkt es auch gegenseitig zersetzend auf sie und schwächt die Farben, welches man das Verschießen nennt. Diese Veränderung trifft alle durch Kunst

Digitized by Google

gefärbte Körper; doch geht sie bei einigen sehr langsam, bei andern schnell vor sich, worauf der Unterschied der ächten und unächten Farben beruht. Stoffe, die mit Brasilienholz, Campecheholz, Gelbholz, Wau, Safran und Orseille gefärbt sind, büßen in kurzer Zeit durch Sonnenlicht einen Theil ihrer Farbe ein; aber selbst Indig, Orlean, und Scharlach verlieren mit der Zeit das Brennende der Sättigung.

§. 35. Die Entfärbung durch Licht findet weniger bei trockenen, mehr bei feuchten Körpern statt. Im letzteren Falle scheint die Zersetzung der Farbe durch vorgängige Brechung des Lichtes in dem durch Verdichtung durchscheinend gewordenen Körper (vgl. XIX, 12) beschleuniget zu werden. Daher bleiben z. B. Blätter grün, wenn man sie unter Ausschluß des Lichtes zwischen Papier getrocknet hat, dagegen dieselben im Herbst auf dem Baume verbleichen. Darum muß man gefärbte Zeuge vorsichtig im Schatten trocknen, um die Sättigung der Farbe zu erhalten. Sind sie einmal trocken, so halten sie sich weit besser am Lichte; wenn aber Regen und Sonnenschein abwechselnd einwirken, wird die Farbe bald unscheinbar. Aufgelöste Farben leiden am schnellsten. Grünes Baumöl entfärbt das Sonnenlicht in drei Tagen. Der Aufguß von Hollunderblättern mit Weingeist, welcher im Finstern sehr lange grün bleibt, wird vom Sonnenscheine in zwanzig Minuten vollständig entfärbt.

§. 36. Sehr oft ist gänzliche Zerstörung der Farben durch Sonnenlicht technischer Zweck, als Gegenstand der Bleichkunst, welche das Verschießen durch alle zweckdienliche Mittel zu beschleunigen sucht. Bei der gemeinen Sonnenbleiche feuchtet man die zu bleichenden Stoffe, als: Linnen, Baumwolle und Wachs, fortwährend mit reinem Wasser an und bietet sie ausgebreitet dem Sonnenlichte dar. Die Nachtbleiche befördert die Auflösung des Farbestoffs durch das Sauerstoffwasser des Thaues; aber die Entfärbung wird erst in den Strahlen der Morgensonne vollbracht. Außerdem werden mancherlei auflösende Mittel zur

Digitized by Google

Vorbereitung angewendet, als: Pottasche, Milchsäure, Hefen u. s. w., welche nebenbei den Nutzen haben, daß sie die Feuchtigkeit festhalten. Von Bleichungen durch chemische Zersetzung ohne Licht war oben die Rede. Vgl. XVII, 40. 43.

XXIII. Magnetismus.

§. 1. Ein schwarzbrauner Eisenstein, welcher in Schweden, Norwegen, Rußland, Sibirien und Mexiko ansehnliche Gebirgmassen bildet, äußert an Stücken, die in der verwitternden Rinde zerstreut liegen, die besondere Kraft nahegebrachtes Eisen anzuziehen und festzuhalten. Jene Stücke nennt man Magnetsteine, die ihnen beiwohnende Kraft aber Magnetismus. Insofern beide, Magnet und Eisen, dabei thätig sind, unterscheidet man die Ziehkraft, Attraktorität, des Magnetes von der Ziehbarkeit, Retraktorität, des Eisens.

§. 2. Die Ziehkraft ist dem Magnetsteine nicht blos in ganzer Masse eigen, sondern jedes abgeschlagene Stück äußert dieselbe auf ähnliche Art, nur bei fortgesetzter Zerstückelung in verminderter Stärke, welche mit der Größe und dem Gewichte abnimmt, bis sie endlich verschwindet. Bei einem Gewichte von 3 — 6 Gran ist sie oft noch merklich. Der größte bekannte natürliche Magnet, welcher im Schlosse zu Florenz aufbewahrt wird, wiegt 5000 Pfund, der des Museums zu Harlem 307 Pfund, aber zentnerschwere kommen oft vor.

§. 3. Die Ziehkraft äußert sich nicht an allen Punkten des Magnets in gleicher Stärke, sondern vorzugweise in zwei entgegengesetzten Punkten, wo Eisenfeilspähne sich stärker anhängen und einen Bart bilden. Diese beiden Punkte werden nach den Endpunkten der Erdachse, mit welchen sie, wie weiter unten vorkommen wird, in Beziehung stehen, die Pole des Magnets genannt. Der eine, welcher gewöhnlich stärkere Ziehkraft zeigt, heißt der Nordpol, der andere der Südpol. Manche

Digitized by Google

Magnetsteine haben mehr als zwei solcher Punkte, indem sie aus mehren einfachen Magneten zusammengesetzt sind.

§. 4. Wenn man beide Pole eines einfachen Magnetes A Fig. 102 glatt abschleift und mit dünnen Eisenplatten b und c belegt, deren Enden d und e als dickere Füße gleichweit vorstehen, so wirken die Pole durch die Platten hindurch an den Füßen mit vereinter Kraft. An beide Füße des umwundenen und aufgehängten Magnetes legt man einen Eisenstab de, welcher der Anker heißt und in f einen Ring oder Haken hat, um einen Beutel mit Gewichten anzuhängen. Ein so vorgerichteter Magnet wird bewaffnet, gepanzert oder armirt genannt. Er trägt dann mehr Eisen als beide Pole einzeln tragen würden, nicht selten das eigne Gewicht. Der bewaffnete 307 Pfund schwere Magnet zu Haarlem trägt 230 Pfund. Kleinere Magnete tragen nach der Bewaffnung zuweilen das Mehrfache des eignen Gewichts.

§. 5. Die Ziehkraft bewaffneter Magnete wird durch Beschäftigung verstärkt, wenn man den anhängenden Beutel mit soviel Gewicht beschwert, als der Magnet eben tragen will, dann aber täglich ein kleines Gewicht zulegt. Eisen und Stahlbrocken eignen sich am besten zur Belastung, und der Magnet trägt mehr davon als von anderem Metall. Durch jahrlang fortgesetzte Zulage kann die Ziehkraft wol bis auf das Zehnfache des Magnetgewichtes gebracht werden. Nimmt man dem Magnete die Last ab und läßt ihn unbeschäftiget liegen, so verliert er die durch Uebung erlangte Kraft; aber die durch Bewaffnung ihm gegebene behält er, und sie kann auf gleiche Weise wieder gehoben werden.

§. 6. Durch fehlerhafte Behandlung wird die Ziehkraft des Magnetes geschwächt. Sie vermindert sich augenblicklich, wenn er überladen wird, bis er den Anker fallen läßt. Fallen, Stoßen und Schlagen, besonders mit Eisen, benimmt seiner Kraft viel. Wird er zu Pulver gestoßen, so hat dieses gar keine Ziehkraft mehr und ist gewöhnlicher Eisensand. Wenn er bis

Digitized by Google

zum Glühen erhitzt wird, büßt er den Magnetismus ebenfalls ein, und man kann ihm denselben nicht wiedergeben. Auch durch elektrische Funken wird seine Kraft nach und nach vermindert.

§. 7. Wiewol Eisen und Stahl an sich nur ziehbar sind, können sie doch Ziehkraft durch Mittheilung erlangen, wenn man sie mit dem Magnete in gewisse Gegenwirkung setzt, und dadurch entstehen *künstliche Magnete*. Das Eisen nimmt zwar, wenn es rein ist, einen schwachen Magnetismus leicht an, verliert ihn aber auch bald wieder. Dagegen ist guter, gleichkörniger *Stahl* fähig eine starke Ziehkraft anzunehmen und bei sich zu behalten. Am besten eignet er sich dazu, wenn er nicht ganz hart ist. Man läßt ihn daher nach dem Härten nach, bis er *blau* oder strohgelb anläuft. Vor der Mittheilung wird er geschliffen und polirt.

§. 8. Die künstlichen Magnete sind den natürlichen in mehrfacher Hinsicht vorzuziehen, weil man sie leichter haben kann, weil sie mehr nach Belieben verstärkt werden können, endlich weil man ihnen zuvor diejenige Gestalt geben kann, welche zu besonderen Zwecken dienlich ist. Man gestaltet sie aber entweder als *Nadeln*, wovon im folgenden Kapitel die Rede seyn wird; oder als *Magnetstäbe*, d. h. als rechtwinkliche Parallelkörper, deren beide Enden die Pole werden; oder endlich als *Hufeisenmagnete*, d. h. plattgedrückte und krummgebogene Stäbe, wie Fig. 106. Letztere gewähren den Vortheil, daß man, wie bei armirten Magnetsteinen, beide Pole durch Anker vereinigen kann. An Stäben und Hufeisen bezeichnet man das zum Nordpol bestimmte Ende mit einem Striche, um die Pole nicht zu verwechseln.

§. 9. Die magnetische Ziehkraft kann dem Stahle sowol von einem natürlichen als von einem künstlichen Magnete mitgetheilt werden, aber letzteres ist mehrentheils bequemer, auch wirksamer. Der mittheilende Magnet wird dadurch für den Augenblick etwas geschwächt, erlangt aber die vorige Stärke sehr bald von selbst wieder. Die Mittheilung nennt man das

Digitized by Google

Magnetisiren. Schon die Berührung des Magnetes theilt dem Stahl einen schwachen und vorübergehenden Magnetismus mit; aber stärker und dauerhafter geschieht das Magnetisiren durch Bestreichen nach folgenden drei Vorschriften, mit dem einfachen Strich, dem Doppelstrich und Ringstrich.

§. 10. Wenn man einen Stab ab Fig. 103 mit dem einfachen Striche magnetisiren will, legt man ihn auf den Tisch, am besten in der Richtung von Süden nach Norden, so daß b, welches der Nordpol werden soll, nach Norden gekehrt ist, und hält a mit der linken Hand fest. Den Magnetstab ed, welcher mittheilen soll, faßt man mit der rechten Hand am Nordpole d, setzt den Südpol e auf die Mitte c des Stabes und neigt den Magnetstab herab, daß er mit dem Stahlstabe einen Winkel von 10 — 15 Grad bildet. In dieser Richtung zieht man den Magnet ohne Druck von c nach b, hebt ihn da ab, führt ihn im Bogen nach c zurück und wiederholt dasselbe Streichen der Hälfte cb zwanzig bis dreißigmal, wobei man den Stahl von einer Fläche auf die andre umwenden kann, um allen gleich viele Striche zu geben. Darauf geht man um den Tisch, hält b mit der Linken, faßt den Südpol e mit der Rechten, setzt den Nordpol d in c, neigt den Magnet wie zuvor und streicht von c nach d eben so oft und mit denselben Wendungen.

§. 11. Auf ganz ähnliche Art werden Stahlstäbe mit Hufeisenmagneten oder bewaffneten Magnetsteinen bestrichen, indem man denjenigen Pol des Magnets, welcher nicht wirken soll, nach oben zu kehrt. Sollen aber stählerne Hufeisen mit Hufeisenmagneten gestrichen werden, so geschieht das auf eine etwas andere Art, welche von den Künstlern vorzugweise der einfache Hufeisenstrich genannt wird. Man hält das Stahlhufeisen cad Fig. 104 mit der Linken etwas geneigt, faßt den Hufeisenmagnet ebf mit der Rechten, setzt den Südpol e auf den Arm, welcher Nordpol werden soll, so auch den Nordpol f auf den zum Südpol bestimmten Arm, streicht beide Arme zugleich nach

Digitized by Google

c und d hin, führt den Magnet im Bogen zurück und wiederholt denselben Strich, wendet nach einiger Zeit beide Hufeisen in den Händen um und giebt der entgegengesetzten Fläche eben so viele Striche. Der wesentliche Unterschied, daß hier beide Pole zugleich entstehen, beschleuniget die Wirkung, daß man kaum halb so viel Striche zu geben braucht als beim einfachen Stabstriche, um jedem Pol dieselbe Ziehkraft zu ertheilen.

§. 12. Wenn man einen Stahlstab a b Fig. 105 durch den Doppelstrich magnetisiren will, so geschieht das am besten mit einem Hufeisenmagnete, den man auf die Mitte c des Stabes so aufsetzt, daß der Nordpol d des Magnets dem zum Südpol bestimmten Ende a zugekehrt ist. Man führt den Magnet ohne Druck von c nach b, dann, ohne abzuheben, rückwärts nach c und a, wiederum über c nach b und so fort. Endlich wird bei der Rückkehr von a in der Mitte, wo man zuerst einsetzte, angehalten und der Magnet seitwärts vom Stabe abgezogen. Dabei kann der Stab gewendet werden, um den übrigen Seitenflächen eben so viele Striche zu geben. Bei diesem Verfahren werden beide Pole zugleich erzeugt, aber einer um den andern verstärkt. Statt des Hufeisenmagnetes können auch zwei Stabmagnete von gleicher Größe und Stärke gebraucht werden, wenn man sie ebenso mit einem Nordpol und einem Südpol aufsetzt und durch ein dazwischengestecktes Bretchen in gleicher Entfernung hält.

§. 13. Um Hufeisen mit Hufeisen durch den Doppelstrich zu magnetisiren, legt man das noch unmagnetische a b c Fig. 106 auf ein Bret und befestiget es innerlich durch eingeschlagene Nägel. Nun setzt man den Magnet in b an, so daß der Nordpol d nach dem zum Südpol bestimmten Punkte a gerichtet ist. Man schiebt den Magnet um den Rücken des Hufeisens her von b nach c, von da zurück nach a und so fort, hört endlich, von a zurückkommend in b auf und zieht den Magnet nach oben zu ab. Nach dem ersten zehn Strichen ist es vortheilhaft einen Anker a c anzulegen, weil dann bei

Digitized by Google

fortgesetztem Streichen die Stärke des neuen Magnetes rascher zunimmt.

§. 14. Zur Magnetisirung der Hufeisen mit Hufeisen ist vornehmlich der Ringstrich zu empfehlen, dessen Anlage Fig. 107 zeigt. Man legt zwei Stähle a b c und d e f von gleicher Gestalt und Größe auf einem Bret in einen elliptischen Ring zusammen, so daß das zum Nordpol bestimmte Ende c mit dem Südpolende f des andern zusammenkommt. In dieser Lage befestiget man beide durch äußerlich vorgeschlagene Stifte. Nun setzt man den Magnet auf den Ring um e, daß der Südpol in S, der Nordpol in N zu stehen kommt, und führt ihn mit sanftem Drucke auf dem Ringe herum von e nach d, a, b, c, f, e, wobei vermieden werden muß, daß ein Pol irgendwo außer Berührung komme. Nach beliebigen Umgängen hält man in b an und führt die Pole des Magnetes von n und s nach b hin ab. Auf solche Weise gewinnt man zwei gleichstarke Magnete mit einmal und in derselben Zeit, in welcher mit dem Doppelstrich ein einziger zu Stande gebracht wird. Bevor man sie auseinandernimmt, muß jedem ein Anker aufgelegt werden, der eine in a c, der andre in d f. Das Auseinandernehmen geschieht durch Schieben des einen von a nach c, des andern von f nach d hin.

§. 15. Bei allen drei Arten der Bestreichung lehrt die Erfahrung, daß die Kraft des neuerzeugten Magnetes von der Kraft, und bei verhältnißmäßiger Kraft von der Größe, des mittheilenden Magnetes abhängt. Große und starke Magnete wirken beinah augenblicklich. An dem §. 2 erwähnten natürlichen Magnete zu Florenz reibt man zur Belustigung der Fremden eine Lanze mit der Spitze und hebt mit dieser Spitze dann viele Schlüssel vom Boden auf, die in Reihen gelegt, einer den andern fest halten und eine lange Kette bilden. Selbst Magnete von mittler Stärke magnetisiren eine Messerklinge durch einen einzigen Strich.

§. 16. Was dem erzeugenden Magnete an Kraft abgeht, kann durch öfteres Bestreichen ersetzt werden. Deswegen

Digitized by Google

ist bei keiner Art des Streichens eine bestimmte Zahl von Strichen vorgeschrieben. Die Zunahme an Kraft durch Wiederholung hat jedoch ihre Gränzen, welche man in jedem Falle durch Versuche finden muß. Hat der neue Magnet von 200 Strichen eine gewisse Kraft erlangt, die durch Beschwerung des Ankers zu messen ist, und er zeigt nach abermaligen 30 Strichen keine größere, so ist das ein Beweis, daß er von diesem Magnete jetzt keine größere erhalten könne. Ist der mittheilende Magnet zu klein im Verhältniß mit dem bestrichenen Stahl, so führt auch Wiederholung nicht zum Zwecke.

§. 17. Wenn Magnete bis zu angemessener Stärke gebracht sind, so ist zu verhüten, daß sie nicht durch Zerstreuung vermindert werde. Vornehmlich werden künstliche Magnete durch Rosten geschwächt, zumal in feuchter Luft, deren Wassergehalt den Stahl zersetzt. Daher bemerkt man, daß die Kraft der Magnete nachläßt, wenn die Hygrometer steigen, in welchem Falle man mit dem Zulegen neuer Gewichte innehalten muß. Der Einfluß feuchter Luft kann durch Einpacken in Stahlpapier oder durch feines Lackiren der Seitenflächen großentheils vermieden werden. Pole und Anker, die keinen Ueberzug gestatten, muß man zuweilen mit feinem Sande auf Holz poliren.

§. 18. Durch Mangel an Beschäftigung leiden die künstlichen wie die natürlichen Magnete. Fehlt es an Platz um sie beschwert aufzuhängen, so ist wenigstens dahin zu sehen, daß die Hufeisen fortwährend durch Anker geschlossen bleiben. In diesem Falle entsteht, was man die magnetische Kette nennt, d. h. eine gegenseitige Beschäftigung eines Pols durch den anderen, durch welche die Kraft zusammengehalten wird. Magnetstäbe legt man zu gleichem Zwecke in Kästchen, parallel und in umgekehrter Lage. Die benachbarten ungleichnamigen Pole verbindet man ebenfalls durch Ankerstäbe von Eisen.

§. 19. Zwei Hufeisen von gleicher Stärke erhalten sich ohne Anker kräftig, wenn man sie im Ringe, wie Fig. 107, zusammen

Digitized by Google

liegen läßt. Wenn viele Magnetstäbe oder Hufeisen eng zusammengepackt werden sollen, legt man sie so auf einander, daß jeder Nordpol mit dem Südpol des benachbarten zusammen zu liegen kommt, legt aber Pappstreifen dazwischen, um die unmittelbare Berührung aufzuheben. Ein solches Magnetmagazin stellt eine vielfache Kette dar und bewirkt eine cirkulirende Strömung, bei welcher die Kraft aller erhalten wird. So lange die Kette geschlossen ist, wirken die Magnete wenig nach außen.

§. 20. Auf eine andere Weise können mehre Magnete so zusammengesetzt werden, daß sie mit vereinter Kraft nach außen wirken, und zwar mit einer vermehrten Kraft, welche die Summe aller Ziehkräfte der einzelnen Magnete ansehnlich übersteigt. Solche Vorrichtungen heißen zusammengesetzte Magnete, oder wenn sie aus sehr vielen einfachen bestehen und eine sehr große Wirkung hervorbringen, magnetische Batterieen. Das Wesentlichste der Zusammensetzung besteht darin, daß die Magnete nicht mit den ungleichnamigen Polen zusammengefügt werden, wie in Magazinen, sondern absichtlich mit den gleichnamigen, und zwar unmittelbar. Durch diese Batterieen wird der Magnetismus in seiner höchsten Wirksamkeit dargestellt. Sie ziehen wol das Sechzigfache des eigenen Gewichts und mehr. Von ihren Polen gehen unsichtbare Strömungen aus, in welchen jeder Schlüssel Magnet ist, so lange er darin gehalten wird. Sie sind aber der Form nach entweder Stabbatterien oder Hufeisenbatterieen.

§. 21. Um eine Stabbatterie zu bauen, muß man eine Anzahl von Magnetstäben haben, die alle von gleicher Größe, von demselben Magnete durch gleiche Strichzahl erzeugt worden sind, mithin ganz gleiche Kraft besitzen. Sind sie ungleich, so werden die schwächeren durch die stärkeren umgekehrt und es entsteht aus der Batterie ein Magazin. Es ist vortheilhaft, wenn die Stäbe breit und dünn ausgearbeitet werden wie Lineale. Auch müssen sie vor dem Magnetisiren völlig eben abgeschliffen seyn, damit sie überall an einander passen. Man legt sie in

Digitized by Google

eine Platte zusammen, wie bcfg Fig. 108, so daß alle Nordpole bei N, alle Südpole bei S liegen. Nun legt man um die Nordpole eine Klammer von Eisen abcd, und eine andere efgh um alle Südpole. Die Klammern sind eben so breit als der Stäbe, werden durch messingene Bänder befestiget und mit Ringen zum Aufhängen versehen. Sie vertreten hier die Stelle die Armirplatten (§. 5) und vereinigen in sich die Kraft aller gleichnamigen Pole. An sie wird der Anker cf gelegt.

§. 22. Zur Zusammensetzung einer Hufeisenbatterie bedarf man einer Anzahl magnetischer Hufeisen von ganz gleicher Größe und Stärke. Man legt eine gerade Zahl derselben mit den gleichnamigen Polen auf einander, dazwischen aber in der Mitte eines, welches um einen halben Zoll länger ist und mit seinen Polen in f hervorsteht. Das Ganze umwickelt man mit Band und hängt es auf. Es ist gut, wenn die hervorstehenden Pole und der Anker g cylindrisch abgeschliffen sind, so daß sie sich nur in einer einzigen geraden Linie, in dieser aber ganz berühren. Der mittlere Magnet vereinigt die Kräfte aller in sich. Die hier von Herrn Gundlach angefertigte Batterie besteht aus 7 Hufeisen, deren Gewicht ohne Anker 35 Pfund ist. Sie zieht 350 Pfund, mithin das eigne Gewicht 10 mal. Eine andere besteht aus 7 kleineren Hufeisen, wiegt ohne Anker 7 Pfund und trägt 105 Pfund, also das eigne Gewicht 15 mal.

§. 23. Der Gewinn an Kraft, welcher durch die Zusammensetzung entsteht, führte den Engländer Knight auf eine sinnreich fortgesetzte Verstärkung der Batterieen ohne Vermehrung der Stäbe, durch welche er die Ziehkraft bis auf das Hundertfache des Magnetgewichts zu steigern vermochte. Wenn man eine Batterie A zusammengesetzt hat, so bestreicht man damit eben so viel andere Stähle als die Batterie A enthält. Die neuen Magnete werden dadurch stärker als die einzelnen Magnete in A. Man vereiniget sie zur Batterie B, welche folglich stärker wird als A. Nun zerlegt man A und bestreicht die einzelnen

Digitized by Google

Stähle mit der Batterie B. Wieder vereiniget wirken sie stärker als B. Auf gleiche Weise wird wieder B durch A verstärkt und damit wechselweise fortgefahren, bis endlich kein Zuwachs an Kraft mehr entsteht. Der mittheilenden Batterie muß man jedesmal einige Stunden Zeit lassen, ehe man sie zerlegt, damit sie sich wieder sammle. Vgl. §. 9.

§. 24. Außer den angegebenen Methoden künstliche Magnete durch Mittheilung zu bereiten, giebt es auch andere, bei welchen der Magnetismus im Stahl durch Erweckung neu erzeugt wird, ohne daß man dazu eines anderen Magnets bedürfte. Wenn Stahl zu Draht gezogen wird, ist er magnetisch, so wie er aus dem Zieheisen kommt. Wenn eiserne Schrauben gezogen werden, sind sie anfänglich magnetisch. Macht man einen Stahlstab rothglühend und löscht die eine Hälfte seiner Länge in kaltem Wasser, so wird er zum Magnete; desgleichen auch, wenn man ein Ende desselben glühend macht und es nach dem kalten Theile hin fortrückend mit dem Hammer klopft. Nicht selten erzeugt der Blitz Magnete, die natürlichen vielleicht alle. Noch andere Erweckungen im folgenden Kapitel.

§. 25. In technischer Hinsicht ist diejenige Magnetisirung durch Erweckung vorzüglich wichtig, welche Antheaulme 1760 erfand. Man bedarf dazu hauptsächlich zweier Eisenstangen von etwa 6 Fuß Länge und 1¼ Zoll Dicke. Sind sie größer, desto besser. An beiden Enden müssen sie eben abgeschliffen seyn. An eine Wand AB Fig. 110 lehnt man eine starke Bohle AC, welche länger als beide Stangen zusammen ist. BC muß in der Mittaglinie liegen, B Süden und C Norden seyn. Der Winkel ACB muß 70 Grade betragen. Auf der Bohle befestiget man die Eisenstäbe de und fg und legt dazwischen einen Holzwürfel h von 1 Zoll Dicke. Zwischen dem Würfel und jeder Stange schiebt man eine Eisenplatte von 1 Linie Dicke und 1½ Zoll Höhe ein. Diese Platten i und k, sind wie Scheerenblätter geschliffen und kehren die Schneiden einander zu. Nun legt man

Digitized by Google

einen polirten Stahlstab von 12 — 15 Zoll Länge mit seiner Mitte auf die um $\frac{1}{4}$ Zoll hervorstehenden Platten, führt ihn auf und nieder, wie beim Doppelstrich den Magnet Fig. 105, und zieht endlich seine Mitte zur Seite ab. Nach 200 Strichen hat man schon einen starken Magnet, dessen Nordpol das nach c gekehrte Ende ist. Aus solchen Stäben setzt man mehre Batterieen zur gegenseitigen Verstärkung zusammen. Vgl. §. 23.

§. 26. Daß der Magnet nicht blos in der Berührung, sondern auch durch Zwischenräume auf ziehbares Metall wirkt, ist der magnetischen Strömung zuzuschreiben, welche strahlend von ihm ausgeht, wie Licht und Wärme strahlen. Ob der Zwischenraum luftleer oder mit Luft erfüllt sey, ist gleichgültig. Die Fernziehung des Magnets beobachtet man am leichtesten an einer feinen Nähnadel, die mit dem Oehr an einem Seidenfaden hängt. Nach dem Gesetze der Ausstrahlung nimmt die Fernziehung ab, wie die Quadrate der Entfernungen zunehmen, was Coulombs Versuche dargethan haben. Ein Magnet wirkt aber desto weiter in die Ferne, je stärker er ist, d. h. je dichter die Strömung an seinem Pol ist. Der §. 2 erwähnte Teylersche Magnet beunruhiget die Nadel schon aus einer Entfernung von vierzehn Fuß. Wenn ein anderer Magnet nur Einen Fuß weit die Nadel bewegt, so folgt aus Obigem daß ersterer $14 \times 14 = 196$ mal stärker sey. Auf diese Weise kann die Ziehkraft auch nach der Fernziehung geschätzt werden; indessen wird sie durch das Ankergewicht bestimmter ausgedrückt.

§. 27. Die Erfahrung lehrt, daß alle diejenigen Körper, welche nicht selbst ziehbar sind, als magnetische Leiter wirken, wie Wärmeleiter für Wärme. Sie lassen den magnetischen Strom ungehindert durchgehen, als wenn sie gar nicht da wären. Die Fernziehung bleibt unverändert, wenn man zwischen Magnet und Eisen eine Scheidewand von Papier, Pappe, Holz, Leder, Horn, Eis, Stein, Glas oder unmagnetischem Metall senkrecht oder wagerecht einschiebt. Wird eine Glastafel auf den Magnet

Digitized by Google

gelegt und mit Eisenfeile bestreut, so gruppirt diese sich sternförmig um die Pole und die Gruppirung ändert sich, wenn die Tafel verschoben wird. Der Magnet wirkt vermöge dieser Leitung, wenn er auch in Kästen oder Kleidern verborgen ist, welches Taschenspieler oft zu überraschenden Erfolgen benutzen.

§. 28. Das Eisen selbst ist im Grunde ein noch besserer Leiter für den Magnetismus, bewirkt aber durch seine Anziehung eine Ableitung des magnetischen Stromes, welche mit der Brechung des Lichtes in durchsichtigen Körpern verglichen werden kann. Das Eisen vertheilt die magnetische Kraft in sich nach der Länge und Breite seiner Gestalt, wodurch es der Fernziehung nach Umständen hinderlich oder förderlich werden kann. Legt man eine Tafel von Eisenblech auf den Pol eines schwachen Magnetes und streut Eisenfeile auf, so gruppirt sie sich nicht. Ein starker Magnet wirkt nur mit sehr verminderter Kraft hindurch. Setzt man dagegen die Blechtafel senkrecht auf die Eisenfeile und den Magnet obenauf, so wirkt dieser durch und die Eisenfeile hängt sich an die Blechtafel. Aehnliche Ableitung bewirken die Armirplatten §. 5 und die Klammern der Stabbatterie §. 21.

§. 29. Die Ziehbarkeit ist dem Eisen nicht ausschließlich eigen, sondern kommt außerdem noch einigen anderen Metallen zu, namentlich dem Kobolt, dem Nickel und dem Wodan, wenn sie auch ganz rein sind und keine Spur von Eisen enthalten. Ebendieselben sind sogar fähig Ziehkraft zu erlangen und selbst Magnete zu werden. Vom Braunsteinmetall und Chrom ist das noch ungewiß. Jene drei beweisen, daß der Magnetismus eine selbstständige, vom Eisen unabhängige Kraft sey.

§. 30. Die ziehbaren Metalle theilen ihre Eigenschaft andern Metallen mit, wenn sie in hinreichender Menge eingemischt sind, weil sie ungehindert hindurch wirken. Eine solche entlehnte Ziehbarkeit besitzt z. B. Messing, wenn es von eisenhaltigem Kupfer oder wodanhaltigem Zink bereitet worden ist. Das Silber

Digitized by Google

wird durch einen sehr geringen Zusatz von Eisen schon ziehbar, sogar von 1 : 100,000. Das Meteoreisen ist wegen seines Nickelgehaltes noch ziehbarer als gemeines, indem es nicht rostet.

§. 31. Durch Vermischung mit unmagnetischen Metallen wird die Ziehbarkeit des Eisens mehr oder weniger geschwächt. Hauptsächlich ist Arsenikmetall der Ziehbarkeit nachtheilig, aus welcher Ursach manche Eisensorten wenig ziehbar sind, auch die Ziehkraft weder durch Mittheilung noch durch Erweckung annehmen wollen.

§. 32. Das reine Eisen besitzt die größte Ziehbarkeit, wenn es vollkommen reguliniſch, d. h. unverbrannt und unverrostet ist. Eisenfeile wird in dem Maße weniger ziehbar, als sie durch Rosten Sauerstoff in sich aufnimmt. Darum sind die meisten Eisenerze nicht ziehbar; selbst der Magnet ist es nicht, wenn man ihm durch Glühen die Ziehkraft benommen. Entzieht man dagegen eisenhaltigen Körpern ihren Sauerstoffgehalt durch Glühen mit Kole oder Oel, so wird das Eisen dem Magnete folgsam. Auf diese Art gelingt es besser die Eisentheile aus Gold- und Silberfeilstaub zu sondern.

§. 33. Magnetischer Stahl verliert durch Glühen seine Kraft wie der natürliche Magnet. In der Uhrmacherkunst kommt der Fall oft vor, daß einzelne Uhrtheile magnetisch werden und dann den Gang der Uhr stören oder sie gar zum Stehen bringen. In diesem Falle werden die verdächtigen Theile auseinandergenommen und versucht, ob sie dargebotene Eisenfeile annehmen, dann aber geglüht. Jener Fehler entsteht sehr leicht, wenn die Uhr in die Nähe eines starken Magnetes kommt, weshalb man Taschenspielern nicht zu gefällig eine gute Uhr zu Künsten leihen mag.

§. 34. Dagegen wirkt der Magnetismus in der Schlosserkunst förderlich, indem stählerne Schrauben, wenn sie magnetisirt werden, weit besser in der Mutter haften und nicht so leicht bei fortwährender Erschütterung locker werden. Die Schraube

Digitized by Google

wird auf einem Magnetstabe durch den einfachen Strich magnetisirt. Will man sie in der Mutter magnetisiren, so kann das mit einem magnetischen Zirkel geschehen. Man setzt auf dem Kopfe ein und beschreibt mit dem andern, etwas abgerundeten Arme eine Anzahl Kreise auf der Mutterplatte.

§. 35. Die Anwendung des Magnetismus in der Arzneikunst hat nie sichere Erfolge dargeboten, wiewol seine Wirksamkeit oft gerühmt ward. Aeltere Aerzte glaubten, daß der Magnet Zahnschmerzen und Kopfschmerzen in der Berührung des leidenden Theiles aufhebe; indessen wirkt er nur kältend, wie jedes andere Metall, und sehr vorübergehend. Die Ohrmagnete für Schwerhörende, die magnetischen Halsketten gegen allerlei Flüsse und dgl. haben sich auch nicht bewährt. Am wenigsten findet man Grund in dem berufenen thierischen Magnetismus, aus welchem Mesmer, Barbarie, Puysegur und Andere Heilmittel schöpfen wollten.

XXIV. Polarität.

§. 1. Der natürliche Magnet besitzt neben der Ziehkraft noch eine andere, durch welche er sich von selbst mit dem einen Pole nach Norden, mit dem andern nach Süden richtet, sobald man ihn leicht beweglich macht. Diese Eigenschaft nennt man Polarität, die Pole des Magnets werden aber nach ihren Richtungen Nordpol und Südpol genannt. Die nöthige Beweglichkeit erhält der Magnetstein dadurch, daß man ihn entweder auf Queckſilber schwimmen läßt oder in einem kreisrunden Schachteldeckel auf Wasser setzt. Im letzten Falle kann man den Rand des Napfes mit Talg abreiben, damit das Schiffchen in der Mitte bleibe. Ein armirter Magnet richtet sich freihängend nach derselben Linie.

§. 2. Der künstliche Magnet empfängt mit der Ziehkraft auch Polarität und äußert sie deutlicher, wenn man ihm bei geringer

Digitized by Google

Dicke eine ansehnliche Länge, d. h. die Gestalt einer Magnetnadel giebt. Zu den feinsten Beobachtungen wird die Nadel im Schwerpunkt an einem ungedrehten Seidenfaden aufgehängt. Gewöhnlich läßt man sie auf einer Spitze schweben, wie Fig. 111 zeigt. Die Nadel ab, die man aus Uhrfedern schmiedet, wird nach der Mitte zu breiter ausgearbeitet und in der Mitte durchbohrt, um das messingene Hütchen c einzusetzen, welches unten trichterförmig ausgebohrt, oben aber mit einem Plättchen von Gußstahl oder Achat geschlossen ist. Die Spitze d ist von Stahl, der Fuß ef von Messing. Den Nordpol bezeichnet man mit N. Um den Einfluß des Luftzuges zu vermeiden, stürzt man eine Glasglocke über die Nadel.

§. 3. Das Magnetisiren der Nadel geschieht, wenn sie zuvor gehärtet und bis zur Bläue nachgelassen worden, mit dem einfachen Striche auf der unteren Seite. Jeder Pol des Magnets erzeugt da, wo er abgehoben wird, den entgegengesetzten. Durch öftere Wiederholung der Striche wird die Polarität verstärkt. Auch dient es zur Verstärkung derselben, wenn man die Nadel, nach dem Bestreichen, mit dem Hütchen zwischen zwei starke Magnetstäbe einklemmt und so einige Zeit ruhen läßt. Die Magnete müssen mit der Nadel gleiche Richtung haben, so daß nur ungleichnamige Pole zusammenliegen und alle drei nach Norden zu gerichtet sind.

§. 4. Außerdem kann man Stangen und Nadeln von Eisen und Stahl Polarität ohne Magnet ertheilen, wenn man sie in lothrechter Linie aufhängt und darin längere Zeit ruhen läßt. Das untere Ende wird zum Nordpol, das obere zum Südpol. Wird die Nadel dann umgekehrt aufgehängt, so wechseln die Pole, und das Südpolende wird zum Nordpol. Diese Polarität ist aber nicht dauerhaft und verschwindet beim Eisen sehr bald, wenn es wagerecht gelegt wird. Dauerhafter und schneller entsteht Polarität, wenn man eine lange Stahlnadel beinah lothrecht emporhält, so daß sie unter 70 — 80 Grad

Digitized by Google

nach Süden ansteigt, und dann von unten hinauf fortrückend sanft mit einem Schlüssel klopft. Auch durch ein Prisma werden kleine Stahlnadeln im violblauen Strahle magnetisirt.

§. 5. Wenn man die Magnetnadel in beliebiger Richtung auf die Spitze setzt, so dreht sie sich wie ein Pendel in abnehmenden Kreisbogen hin und her, indem sie durch den Zug nach Norden Stoßkraft erlangt und vermöge derselben öfters über den Nordpunkt hinausfährt, durch den stetig wirkenden Zug aber zur Rückkehr bewogen wird. Diese wiederholte Bewegung wird das Spielen oder Oscilliren der Nadel genannt. Ohne Reibung und Luftwiderstand würde sie immerfort spielen; diese helfen aber die wiedererzeugte Stoßkraft vermindern und bringen die Nadel zur Ruhe.

§. 6. Je stärker die der Nadel mitgetheilte Polarität ist, desto schneller wird sie vom Erdpol angezogen, desto öfter über den Nordpunkt hinausgetrieben und desto mehr Schwingungen macht sie in gleicher Zeit, wonach man die Empfindlichkeit derselben beurtheilt. Von zwei Nadeln gleicher Größe ist diejenige die empfindlichere, welche in derselben Zeit mehr Schwingungen macht. Eine und dieselbe Nadel zeigt aber nicht überall gleich starke Polarität. Nach Herrn von Humboldts Beobachtungen nimmt die Polarität nach dem Aequator hin zu, nach beiden Polen hin ab. In höheren Luftregionen hat man keinen merklichen Unterschied gefunden.

§. 7. Je stärker Reibung und Luftwiderstand bei gleicher Polarität die Nadel hemmen, desto langsamer bewegt sie sich, und desto weniger Schwingungen macht sie theils in gleicher Zeit, theils überhaupt. Macht sie nur wenige, so wird sie träge genannt. Je länger, dicker und schwerer, desto träger wird sie. Zu mehren Zwecken sind träge Nadeln bequemer zu gebrauchen, weil sie eher zur Ruhe kommen, auch durch Luftzug weniger gestört werden.

§. 8. Nähert man der Magnetnadel Eisen oder ein anderes ziehbares Metall, so wird der nächste Pol der Nadel von

Digitized by Google

dem Metalle angezogen, woraus erhellt, daß die Ziehbarkeit nicht blos leidender Zustand sey, sondern gegenseitige Wirkung. Vgl. XXIII, 1. Es ist dabei gleichgültig, ob Nordpol oder Südpol dem Metalle geboten werde. Die Anziehung geschieht aus größerer Entfernung, wenn mehr ziehbare Masse vorgehalten wird. Eine und dieselbe ziehbare Masse wirkt aber unter mehren Nadeln auf die empfindlichste am deutlichsten und weitsten. Sehr empfindliche Nadeln gebraucht der Naturforscher zur Entdeckung ziehbarer Theile in Mineralkörpern und der entlehnten Ziehbarkeit der Metallgemische. Vgl. XXIII, 30.

§. 9. Rückt man zwei Magnetnadeln auf ihren Füßen näher zusammen, so verlassen beide die genommene Richtung und ziehen einander so an, daß der Nordpol der einen den Südpol der andern erfaßt. Man nennt daher diese ungleichnamigen Pole die freundschaftlichen. Dieselbe Bewegung macht die Nadel auch, wenn man ihr einen Magnetstein oder künstlichen Magnet nahe bringt. Auf diese Weise wird leicht erkannt, welches an irgend einem Magnete Nord- und Südpol ist. Bei Bereitung künstlicher Magnete muß zu dem Zweck eine Magnetnadel zur Hand seyn.

§. 10. Nähert man zwei Magnetnadeln einander mit den gleichnamigen Polen, dem Nordpol der einen z. B. den Nordpol der andern, so stoßen diese einander von sich. Mit einem Magnet in der Hand treibt man den gleichen Pol der Nadel leicht im Kreise herum. Die gleichnamigen Pole werden deswegen feindlich genannt. Jenes Anziehen und dieses Abstoßen findet bei allen beweglich gemachten Magneten statt. Der Nürnberger Kunstfleiß benutzt sie zu einer Menge von artigen Spielwerken, magnetischen Fischen, Enten, Schiffchen, schnäbelnden Tauben u. s. w.

§. 11. Bringt man zwei Magnetnadeln von gleicher Stärke gewaltsam mit den feindlichen Polen zusammen, so halten sie sich in der Berührung zwar fest, schwächen sich aber gegenseitig, in längerer Berührung sogar bis zu gänzlichem Verluste

Digitized by Google

der Polarität. Bringt man aber einen Pol der Nadel mit dem feindlichen Pole eines stärkeren Magnets zusammen, so erfolgt eine Umkehrung ihrer Pole, und was Nordpol war, wird Südpol. Merkwürdig ist, daß dadurch die Nadel eine stärkere Polarität anzunehmen fähig wird als vor der Umkehrung, wenn man sie nochmals bestreicht.

§. 12. Besagte Umkehrung der Pole geschieht nach und nach, so daß der dem stärkeren Magnete zugekehrte Pol z. B. als Nordpol stufenweise schwächer, hernach aber als Südpol stufenweise stärker wird. Zwischen jener Abnahme und dieser Zunahme tritt ein Zeitpunkt ein, da die Polarität ganz verschwindet; sie kehrt auch nicht zurück, wenn der Magnet sogleich entfernt wird. Dieses benutzte der Uhrmacher Abraham in London, um magnetische Uhrtheile besser als nach der XXIII, 33 erwähnten gewöhnlichen Art zu depolarisiren. Nach seiner Vorschrift nähert man den Punkt des Uhrtheiles, welcher Eisenfeile angenommen, einer Magnetnadel, um zu erfahren, welcher Pol es sey. Man nähert ihn dann dem gleichnamigen Pole eines starken Magnets bis auf Einen Zoll, höchstens eine halbe Minute lang. Die anhängende Eisenfeile wird von selbst abfallen, und in diesem Augenblicke muß der Stahl entfernt werden, weil sonst das Uebel noch schlimmer wird. Der Vorzug dieser Methode besteht darin, daß man Zeit und Mühe spart, auch zarte Theile geschont werden, welche sich im Glühen leicht verwerfen.

§. 13. Magnetberge wirken auf die Magnetnadel schon aus der Ferne ein, so daß sie in einem gewissen Wirkungkreise die freie Bewegung nach Norden verliert und immer nach dem Berge gerichtet bleibt, wenn man um ihn geht. In den finnischen Scheeren, unweit der Insel Jussari, stehen viele Magnetfelsen unter Wasser, durch deren Einwirkung die Magnetnadel minutenweise die Richtung ändert, wenn man überhin fährt. Einer derselben steht aus dem Wasser hervor, und wenn man auf demselben die Nadel niedersetzt, läuft sie unaufhörlich um. Dieses

Digitized by Google

Umlaufen der Nadel, welches man auch anderwärts auf gewissen Stellen magnetischer Felsen beobachtet, scheint durch ein Wechselspiel benachbarter Pole bewirkt zu werden.

§. 14. Auch Gebirgmassen, von welchen abgeschlagene Stücke gar keine Ziehkraft zeigen, wirken dennoch oft gewaltig auf die Magnetnadel, woraus erhellt, daß Polarität ohne Ziehkraft bestehen könne und von letzterer nicht nothwendig abhänge. Die erste Beobachtung dieser Art machte Herr von Humboldt 1797 an einer Serpentinkuppe in der Oberpfalz, welche durchaus keine Ziehkraft, nicht einmal beträchtlichen Eisengehalt, dabei aber eine so ausgezeichnete Polarität besitzt, daß jedes abgeschlagne Stück auf die Magnetnadel als eine solche wirkt. Aehnliche Eigenschaften bemerkte man seitdem am Zöblitzer Serpentin, dem Topfstein in Wallis, dem Granit der Schnarcherfelsen u. a. m. Auch der Diamant und die Holzkole zeigen schwache Polarität.

§. 15. Die Polarität der Magnetnadel ist für die Gewerbe ungemein nützlich geworden, indem sie ein bequemes Mittel zum Orientiren, d. h. zur Bestimmung der Weltgegenden darbietet, woran auf Reisen, beim Feldmessen, in der Baukunst, beim Bergbau und Seewesen gar viel gelegen ist. Die Vorrichtung dazu ist der Kompaß, dessen Erfindung wir wahrscheinlich den Indiern verdanken. Statt des Fußes dient hier eine mit Glas bedeckte runde Büchse. Die Nadel ruht auf einer Spitze im Mittelpunkt des Bodens. Dessen Umkreis wird nach den verschiedenen Gewerbzwecken eingetheilt, wodurch folgende Arten des Kompasses entstehen.

§. 16. Der gemeine Setzkompaß ist vom Gebrauche benannt, indem die Büchse wagerecht gesetzt wird. Der Kreis des Bodens ist in vier gleiche Theile getheilt, welche die Hauptgegenden scheiden und mit O, S, W, N bezeichnet sind. Die Nadel ist pfeilförmig gestaltet, und ein ähnliches Pfeilbild am Boden deutet die Stellung an, welche man der Büchse geben muß, daß die Nadel über dem Bilde genau innestehe. Die Büchse

Digitized by Google

ist entweder von Holz, in Form eines Kästchens, oder von Messing, in Form einer Taschenuhr. Mit Hülfe dieses wolfeilen Werkzeuges findet der Reisende die Gegenden sicherer als nach dem Stande der Sonne, bei Nacht, in Wäldern und auf öden Steppen. Man richtet die Reisekarte nach dem aufgesetzten Kompaß und bestimmt dadurch die Lage der umliegenden Orte so genau, als sie auf der Karte verzeichnet sind.

§. 17. Der Butterfieldsche Uhrkompaß unterscheidet sich von vorigem dadurch, daß Sonnenuhren auf demselben angebracht sind, welche nach der Magnetnadel gestellt werden. Der Deckel des Kästchens ist so eingefalzt, daß er durch Einhaken senkrecht gestellt werden kann. Ein Faden ist als Hypotenuse über den Winkel gespannt und dient als Sonnenzeiger, sowol auf der um den Kompaß angebrachten Horizontaluhr, als an der Vertikaluhr des Deckels. Beide zeigen Stunden und Viertelstunden, wenn die Nadel über dem Pfeilbilde steht. Der Nürnberger Kunstfleiß liefert dieses dem reisenden Handwerker unentbehrliche Werkzeug wolfeil genug.

§. 18. Der geometrische Kompaß, den man vorzugweise die Boussole nennt, enthält eine größere Nadel in einfacher, luftdicht geschlosser Büchse. Der Umkreis des Bodens ist in 360 Grade getheilt, und außerdem sind die Hauptgegenden, auch wol die Mittelgegenden NO, SO, SW, und NW eingezeichnet. Die wagerechte Stellung wird durch ein angebrachtes Loth gesichert. Obenauf wird ein stellbares Diopter angebracht, um Linien haarscharf zu visiren. Beim Feldmessen und Landesvermessungen gebraucht man dieses Werkzeug um Winkel aufzunehmen und Figuren in Grund zu legen. Dem Baumeister ist es in vielen Fällen nützlich.

§. 19. Der Grubenkompaß dient beim Bergbau als Hauptwerkzeug des Markscheiders, zur Bestimmung des Streichens der Gänge, wie auch als unterirdischer Wegweiser zur Richtung der Strecken. Er wird theils als Setzkompaß, theils in Ringen

Digitized by Google

hängend, als Hängkompaß gebraucht. Der Umkreis ist, ähnlich dem der italienischen Uhr, in zweimal zwölf gleiche Theile getheilt, welche 15 Grad Winkel betragen und Stunden genannt werden. Die Numerirung derselben geschieht entweder rechts herum oder links herum, wonach der Kompaß ein gerader oder verkehrter heißt. Freilich wird der Gebrauch des Grubenkompasses durch die §. 13 und 14 erwähnte Störung magnetischer Gebirgmassen eingeschränkt. Zur Vermeidung dieser Störung hat Fischer vorgeschlagen, die Nadel im Mittelpunkte einer geräumigen Halbkugel von gleich dick getriebenem Eisen spielen zu lassen.

§. 20. Die wichtigste Art ist unzweifelhaft der Seekompaß, franz. Marinette, als Wegweiser der Schiffahrt. Die Kapsel hängt in drei Ringen, damit die Nadel bei dem Schwanken des Schiffes minder gestört werde. Auf dem Boden ist die Windrose von 32 Windstrichen eingezeichnet. Wenn die Nadel über dem Pfeil einspielt, beobachtet der Steuermann den Winkel, welchen sie mit der Richtung des Schifflaufes bildet und ändert dann diesen nach dem Striche, welchen die Seekarte anzeigt.

§. 21. Die Magnetnadel zeigt meistens nicht genau nach Norden, sondern weicht von der wahren, mathematisch bestimmten Mittaglinie unter einem Winkel ab, welchen man die Abweichung oder Deklination der Magnetnadel nennt. Der magnetische Meridian wird auf den Kompassen durch das eingezeichnete Pfeilbild angegeben. Diese Abweichung hat ihre Ursach nicht in magnetischen Felsen, sondern in noch unerforschten Verhältnissen im Innern des Erdballes, nach welchen sie auch veränderlich ist.

§. 22. Sowol auf dem festen Lande als auf der See zeigt die Abweichung örtliche Verschiedenheit in großen Umkreisen, so daß ein nicht zu großes Land im Ganzen eine und dieselbe hat. Der Seefahrer macht freilich größere Wege, weshalb zu seinem Gebrauche die örtliche Abweichung auf Seekarten bemerkt wird. Die Abweichung steigt in gewissen Strichen bis auf

Digitized by Google

25 Grad, während in andern Strichen wenig oder gar keine stattfindet; aber alle örtliche Abweichungen stehen mit einander in einem deutlichen geographischen Zusammenhange.

§. 23. Zwei Linien, welche mit manchen Krümmungen ungefähr von Süden nach Norden hin laufen und die Erdkugel in zwei Hälften theilen, haben gar keine Abweichung. Die eine derselben geht durch Neuholland, die philippinischen Inseln und China, die andere durch Cap St. Augustin in Brasilien, die Bermudischen Inseln und Labrador. Von dieser zweiten Linie nach Morgen zu ist die Abweichung westlich und nimmt zu bis zum Vorgebirge der guten Hoffnung. Von da nimmt sie wieder ab bis zu jener ersten Linie. Jenseit derselben wird die Abweichung im stillen Meere östlich und nimmt zu bis zur Südspitze von Amerika, dann wieder ab bis zur zweiten Linie.

§. 24. Die Abweichung verändert sich auch der Zeit nach an einem und demselben Orte, indem die Nadel in gewissen Zeitabschnitten hin und herschwingt, wodurch der Winkel der Abweichung regelmäßig ab- und zunimmt. Man beobachtet eine tägliche, eine monatliche und eine jährliche Veränderung. Die tägliche wechselt, wie Ebbe und Flut, von sechs zu sechs Stunden. Am stärksten weicht die Nadel früh und Abends 9 Uhr ab, am wenigsten aber früh und nach Mittag 3 Uhr. Der Unterschied beträgt freilich sehr kleine Theile eines Grades und kann daher nur an empfindlichen Nadeln beobachtet werden, die lang genug sind, damit der beschriebene Bogen am Kreise merklich werde. Die dazu vorgerichteten fußlangen Nadeln nennt man Deklinatorien. Einigen Unterschied lassen selbst gewöhnliche Nadeln an der Zahl der Schwingungen bemerken, wenn man sie bis zum rechten Winkel mit ihrem Meridian umdreht und dann ausspielen läßt; denn in den Stunden der geringsten Abweichung machen sie mehr Schwingungen als bei der größten.

§. 25. Die merkwürdigste Veränderung in der Abweichung ist die, daß die Nadel im Zeitraum mehrer Jahrhunderte von

Digitized by Google

Osten nach Westen und wiederum von Westen nach Osten fortrückt; wenigstens ist ausgemacht, daß sie in Europa vordem östlich abwich, da sie doch jetzt westlich abweicht. Die Abweichung war zu London 1580: 11 Grad 15 Minuten östlich, 1622: 6 Gr. östl., 1634: 4 Gr. 5 M. östl., 1657 Null, 1672: 2 Gr. 30 M. westl., 1683: 4 Gr. 30 M. westl., 1774: 21 Gr. 16 M. westlich. Zu Paris war sie 1640: 3 Grad östlich, 1660 Null, 1681: 2 Gr. 30 M. westlich, 1750: 17 Gr. 15 M. westl., 1772: 19 Gr. 55 M. westl., 1783: 21 Gr. 4 M. westl., 1816: 25 Grad westlich. Seitdem geht die Nadel wieder nach Norden zurück und die westliche Abweichung vermindert sich.

§. 26. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die Linie ohne Abweichung (§. 23), welche 1657 durch London und 1660 durch Paris ging, während des dreißigjährigen Krieges durch Deutschland gegangen sey; doch fehlen Beobachtungen. Der jetzige Stand der Abweichung in Deutschland ist 18 Grad westlich, und sie nimmt jährlich ab. Unter jenem Winkel zeichnet man in die verkäuflichen Kompasse das zur Stellung erforderliche Pfeilbild (§. 16) ein. Freilich müssen diese Kompasse mit der Zeit unrichtig werden; indessen verbrauchen sie sich, ehe der Fehler sehr bedeutend werden kann.

§. 27. Eine zweite Nebenerscheinung der Polarität ist die Neigung oder Inklination, welche darin besteht, daß die Magnetnadel einen ihrer Pole tiefer herabsenkt. Wenn die Stahlnadel genau im Gleichgewicht auf der Spitze schwebt, und man magnetisirt sie dann, so findet man beim Wiederaufsetzen, daß sie das Gleichgewicht verloren hat, den wagerechten Stand verläßt und in unseren Gegenden den Nordpol unter einem beträchtlichen Winkel von etwa 70 Graden herabneigt. Die Nadel würde dadurch allzuträge und unbrauchbar werden. Der Künstler giebt deshalb dem zum Südpol bestimmten Arme ein solches Uebergewicht, daß die Nadel nach dem Magnetisiren wagerecht zu stehen kommt.

Digitized by Google

§. 28. Wenn es darauf ankommt die Neigung der Magnetnadel zu beobachten, so wird sie im vollkommenen Gleichgewichte ausgearbeitet, aber nicht auf eine Spitze gesetzt, sondern man läßt sie im Mittelpunkte eines Ringes in Zapfen hängen, die von polirtem Stahl sind und in Zapfenlagern von Achat laufen. Die Grade der Neigung zeigt die fußlange Nadel an einem messingnen Quadranten. Man nennt diese Vorrichtungen Neigungnadeln oder Inklinatorien. Die nach der Vorschrift des Herrn Hofrath Mayer in Göttingen von Apel verfertigten haben anerkannte Vorzüge.

§. 29. Oft wiederholte Erfahrungen haben bestätiget, daß in der Nähe des Aequators, längs einer ihn mehrmals durchschneidenden Linie, welche man den magnetischen Aequator nennt, gar keine Neigung statt findet, so daß eine im Gleichgewicht ausgearbeitete Nadel in der That wagerecht hängt, indem sie daselbst von beiden Erdpolen gleichstark angezogen wird. Vgl. §. 6. Auf der ganzen nördlichen Halbkugel sinkt der Nordpol der Nadel herab, auf der südlichen dagegen der Südpol. Vom Aequator nach jedem Pole hin nimmt die Neigung zu, so daß die Nadel in den äußersten Polargegenden, die man besucht hat, ganz senkrecht hängt. In Berlin fand Herr v. Humboldt 1805 die Neigung 69 Grad 53 Minuten.

§. 30. Aus dieser örtlichen Zunahme der Neigung folgt, daß eine Kompaßnadel eigentlich nur am Orte der Verfertigung wagerecht bleibe, an entfernten Orten aber durch die Senkung mehr oder weniger von ihrer Empfindlichkeit verlieren müsse. Dem vorzubeugen werden solche Nadeln, die weit versendet werden sollen, wie Neigungnadeln, im Gleichgewichte ausgearbeitet, aber mit veränderlichem Gewichte versehen. Ein kleines Messinggewicht, welches an der Nadel hin und her verschoben werden kann, wird dem Südpolarme angehängt und so weit von der Mitte gestellt, bis die Nadel wagerecht spielt. Auf Schiffen, welche die Linie passiren, pflegt man der Kompaßnadel Wachs

Digitized by Google

anzuhängen, welches nach und nach vermindert, unter dem Aequator ganz abgenommen, jenseit aber dem Nordpolarme zugegeben wird.

§. 31. Da die Neigung der Magnetnadel mit der Entfernung vom magnetischen Aequator zunimmt, auch beobachtet wird, daß andere Orte, welche in derselben Entfernung liegen, gleiche Neigung haben, so erhellt daraus die Möglichkeit durch Neigungnadeln die nördliche oder südliche geographische Breite zu finden. Zwar stimmen die Grade der Neigung mit denen der Breite nicht überein, doch würde sich das berechnen lassen. Auf der See wird freilich die Beobachtung des Winkels einer frei schwebenden Nadel bei dem Schwanken des Schiffes zu unsicher.

§. 32. Früher schon, als die Neigungnadeln vervollkommnet wurden, versuchte man auf der See die geographische Breite durch Magnetkugeln oder sogenannte Terrellen zu bestimmen. Der erste Erfinder, William Gilbert, drehte sie aus Magnetstein, bezeichnete die Pole und theilte den Umkreis in viermal 90 Grad. Auf Queckſilber schwimmend, senkte die Kugel den Nordpol, der Neigung des Ortes angemessen. Auf einer Fahrt von England nach Philadelphia soll täglich die Polhöhe beobachtet und die Neigung der Terrelle damit übereinstimmend befunden worden seyn. Später gebrauchte man Kugeln von Eisen oder Stahl, die durch Bestreichen magnetisirt wurden. Auch setzte man Massen zu künstlichen Magnetkugeln zusammen. Wilson nahm dazu den feinsten Eisenstaub, knetete ihn mit Leinölfirniß zu einem Teige, formte Kugeln und trocknete sie am Ofen, bis sie steinhart wurden. Cavallo nahm dazu gepulverten Hammerschlag und Firniß. Neuere Nachrichten fehlen und die Idee scheint aufgegeben zu seyn.

§. 33. Die Polarität der Magnetnadel wird durch einige andere Naturkräfte, deren Zusammenhang unerforscht ist, angewandelt, bald erregt, bald gestört und verändert. In der Nähe der Vulkane beobachtet man, daß die Magnetnadel kurz vor

Digitized by Google

Ausbrüchen von selbst anfängt zu spielen, ohne daß mechanische Erschütterung die Ursach davon wäre.

§. 34. Im Norden wird die Magnetnadel beim Entstehen der Nordlichter sehr unruhig und verändert ihre Richtung in wenigen Minuten um ganze Grade. Die Schiffer sagen dann, die Nadel „wandere". Das große Nordlicht, welches den 25. September 1827 in London und Paris, auch in Stuttgart gesehen wurde, kündigte sich zu Paris schon Abends um acht Uhr durch eine außerordentliche Abweichung der Magnetnadel an, welche sich so schnell änderte, daß man nicht Zeit hatte die Beobachtungen aufzuzeichnen.

§. 35. Die Elektricität hat unter manchen Umständen starken Einfluß auf die Polarität. Einschlagende Blitze kehren zuweilen die Pole der Magnetnadel ganz um, wodurch schon veranlaßt wurde, daß Schiffe nach Gewitterstürmen rückwärts segelten. Von dem Einflusse des Galvanismus weiter unten.

XXV. Elektricität.

§. 1. Einige Körper äußern unter gewissen Umständen die Kraft andere Körper an sich zu ziehen und dann wieder von sich zu stoßen. Mit diesem Anziehen und Abstoßen sind noch andere Erscheinungen verbunden, welche nur bei stärkerer Kraftäußerung deutlich hervortreten. Die ganze Erscheinung sowol als die noch wenig erforschte Ursache nennen wir Elektricität. Unzweifelhaft ist, daß sie ein körperliches Wesen, von Licht, Wärme und Magnetismus verschieden, auch vom Vorhandenseyn der Luft unabhängig sey.

§. 2. Diejenigen Körper, welche geeignet sind als Werkzeuge zu dienen, um Elektricität zu erregen, heißen elektrische Erreger. Es gehören dahin von allgemein bekannten und vorkömmlichen Körpern: Glas, Bergkrystall, Porcellan, Feuerstein, Diamant, Schwefel, Bernstein, Kopal, Pech, Schellack, Siegellack, Firniß,

Digitized by Google

Zucker, Chokolade, Elfenbein, Knochen, gedörrtes Holz, Pergament, Haare, Wolle, Seide, Samenwolle, Wachs, Fett, Oele, Weingeist und trockne Luft. Zu allererst wurde das Anziehen am Bernstein, dem Elektrum der Alten, beobachtet, und von ihm benannt.

§. 3. Diese Körper sind nicht immerfort elektrisch, sondern werden es nur unter gewissen Bedingungen und durch eine ihrem Wesen entsprechende Behandlung. Bei sehr vielen ist Erwärmung das Mittel zur Erregung der Elektricität. So wird z. B. Stangenschwefel schon in der Hand elektrisch, mehr beim Schmelzen, noch mehr beim Verdampfen. Die Seide, besonders weiße und schwarze, wird von der Wärme des menschlichen Körpers elektrisch, wodurch das Rauschen seidener Kleider veranlaßt wird. Der Turmalin, welcher als Edelstein verarbeitet wird, erlangt in heißer Asche starke Elektricität und spielt dann mit der Asche, wovon er auch Aschenzieher heißt.

§. 4. Manche Körper werden durch heftiges Stoßen und Zermalmen elektrisch. Wenn man Harz oder Schwefel in einem Glasmörser zerreibt, so zeigt das Pulver elektrische Bewegung. Im Metallmörser hängt es sich fest an. Flößbutter und Schmalz sprühen elektrisches Licht, wenn man sie bei hartem Frost mit einem Löffel aussticht. Zucker und Chokolade sprühen elektrisches Feuer, wenn man sie zerstampft oder zwischen den Zähnen zermalmt. Zusammengeschlagene Kieselsteine und spanische Röhre flimmern im Dunklen. Der Gebrauch des Feuersteins beruht ebenfalls auf einer Erregung der Elektricität durch Stoß.

§. 5. Die meisten elektrischen Erreger entwickeln die Elektricität durch Reibung an anderen Körpern in trockener Luft. Wenn man ein Stück Kopal oder Bernstein, einen Diamanten, eine Stange Schwefel oder Siegellack, oder eine Glasröhre an Tuch oder Seide reibt, so werden sie in wenigen Sekunden schon deutlich elektrisch und ziehen Papierspähne oder Flittern von Blattgold begierig an. Auffallender wird die Wirkung im Kleinen,

Digitized by Google

wenn man einen rund abgedrehten, einen Zoll dicken Stab von gedörrtem Holze, der mit Siegellack überzogen ist, zwischen Tuch reibt. Auch kann dazu eine zwei Fuß lange und zollweite Glasröhre dienen, wenn man seidne Handschuh anzieht, die Röhre mit der rechten Hand faßt und in der linken hin und herzieht. Der Versuch gelingt noch besser, wenn die Röhre an beiden Enden zugeschmolzen ist und vor dem Reiben über der Flamme eines Lichts erwärmt wird.

§. 6. Papierspähne und Goldflittern lassen wol die elektrische Anziehung wahrnehmen, nicht aber die Abstoßung, weil hierin die gemeine Adhäsion hinderlich wird. Beide gleich deutlich darzustellen dienen nicht blattförmige, aber leichtbeweglich gemachte Körper, die man Elektroskope nennt. Sehr bequem zur Beobachtung einer schwachen Elektricität ist die elektrische Boussole von Hauy, welche Fig. 112 darstellt. Eine messingne Nadel ab, an beiden Enden in messingne Kugeln eingeschroben, schwebt mit dem messingnen Hütchen c auf der Stahlspitze d, welche auf einem messingnen Fuße steht, im Gleichgewicht. Nähert man den elektrisch gemachten Erreger einer von beiden Kugeln, so wird sie angezogen und die Nadel dreht sich. Setzt man den Fuß auf einen mit Siegellack überzogenen Holzwürfel e, so wird die Nadel von dem elektrischen Körper das erste Mal angezogen; wenn man ihn aber nochmals reibt und der Nadel darbietet, so wird sie nun abgestoßen.

§. 7. Diejenigen Körper, welche nicht geeignet sind durch Wärme, Stoß oder Reibung selbst elektrisch zu werden, besitzen dagegen das Vermögen die außer ihnen erregte Elektricität an und in sich aufzunehmen, wenn man sie dem elektrischen Körper nähe bringt. Sie werden dann durch Mittheilung elektrisch und man nennt sie in diesem Zustande elektrisirt. Diese Eigenschaft haben vornehmlich die Metalle, die meisten Erz- und Steinarten, die Holzkole, das Wasser und alle feuchten Körper des Thier- und Pflanzenreichs. Metalle ziehen die Elektricität

Digitized by Google

um so begieriger an sich, wenn sie zugespitzt sind, in welchem Falle man sie Saugspitzen nennt.

§. 8. Ebendieselben Körper verhalten sich gegen die Elektricität wie Wärmeleiter gegen die Wärme. Sie ziehen die Elektricität nicht an, um sie an einzelnen Punkten festzuhalten, sondern verbreiten sie über ihre ganze Oberfläche und lassen sie sogar durch ihre innere Masse durchgehen, wenn die Verbreitung an der Oberfläche behindert wird. Sie heißen deshalb elektrische Leiter. Bei lang ausgedehnter Gestalt verbreitet sich die Elektricität vorzugweise nach ihrer Länge. Durch Metalldrähte und Ketten wird sie entfernten Körpern schnell zugeführt. Endigen solche Leiter mit Metallspitzen, so geben sie die Elektricität leichter an andere Leiter ab, so wie sie dieselbe durch Spitzen leichter empfangen. Dagegen halten glatt abgerundete Leiter die Elektricität mehr an sich, und plattenförmige Leiter lassen sie nicht leicht senkrecht durch ihre Fläche gehen, sondern leiten sie zur Seite ab. Vgl. XXIII., 28.

§. 9. Elektrische Erreger nehmen die außer ihnen erregte Elektricität nur widerstrebend an, und sie haftet an einzelnen Punkten, wird aber nicht über ihre Oberfläche, noch weniger durch das Innere verbreitet, weshalb sie auch Nichtleiter heißen. Auch dann, wenn sie selbst durch Reiben Elektricität entwickeln, verbreiten sie sie nicht an und in sich, sondern sie haftet an den geriebenen Stellen und kann mit Leitern stellenweise abgenommen werden.

§. 10. Viele Körper sind weder merklich erregend noch gute Leiter, sondern stehen zwischen beiden in der Mitte, indem sie die Elektricität nur langsam annehmen und schwer durchlassen. Man nennt sie deswegen Halbleiter. Dahin gehören Linnen, Papier, Baumwolle, Holz, Kork, Leder, Marmor, gebrannter Thon, Kreide, Asche u. s. w. Manche Körper leiten nach Umständen gut, wenig oder gar nicht. Frisch gefälltes oder feuchtes Holz ist ein Leiter, trockenes Holz ein Halbleiter, am Feuer gedörrtes

Digitized by Google

Holz aber ein Nichtleiter. Durch Verkolung wird es zum Leiter, durch Einäscherung zum Halbleiter.

§. 11. Wenn ein Leiter durch Nichtleiter von andern Leitern getrennt, dagegen mit einem thätigen Erreger in Verbindung gesetzt wird, so kann er die ihm mitgetheilte Elektricität nicht weiter verbreiten. Man nennt ihn in dieser Lage abgeschlossen oder isolirt. Er häuft dann die zugeleitete Elektricität an seiner ganzen Oberfläche, und wenn er hol ist, auch an der Innenfläche. Nur auf solche Weise kann die Elektricität verdichtet und in allen ihren Wirkungen deutlich dargestellt werden. Eine ganz vollkommene Abschließung ist freilich schwer zu bewerkstelligen, aber auch nicht nothwendig; denn freier Zugang muß bei gehemmtem Abgange immer Anhäufung zur Folge haben. Man bewirkt die Abschließung auf dreifache Weise, durch Unterlagen, durch Aufhängen, oder durch Einschließung.

§. 12. Durch Unterlagen wird ein Leiter abgeschlossen, wenn man ihn auf einen Nichtleiter stellt. So ist z. B. die elektrische Boussole Fig. 112 isolirt, wenn sie auf dem Fußgestell e steht. Wenn man ein rundes Bret mit drei sechs Zoll langen Füßen von massivem Glas versieht, so hat man einen Isolirschemel, durch welchen eine darauf stehende Person vom Fußboden abgeschlossen wird. Auch isolirt man Personen durch das Pechbret, einen offenen, viereckten Kasten mit vier Holzfüßen, der innerlich mit einer Mischung von drei Theilen Pech und einem Theil Talg ausgegossen ist. Außerdem stellt man abzuschließende Leiter auf Glasfüße oder starke Glasplatten. In allen diesen Fällen wird vorausgesetzt, daß die umgebende Luft trocken sey; denn die feuchte ist ein Leiter und vereitelt die Abschließung ganz.

§. 13. Durch Aufhängen isolirt man Leiter am einfachsten mit zwei seidenen Schnuren. Weiße Seide ist der farbigen vorzuziehen. Sehr schwere Körper isolirt man wolfeiler durch Hanfschnuren, die in Leinöl gekocht worden. Diese geölten Schnuren haben den Vorzug vor seidenen, daß feuchte Luft nur die

Digitized by Google

Oberfläche benetzt, welche durch Abwischen gereiniget werden kann. Auch diese Abschließung wird übrigens in feuchter Luft unwirksam.

§. 14. Durch Einschließung isolirt man Leiter, indem man sie rundum mit nicht leitenden Wänden umgiebt. So isolirt man Wasser und Metall in Glasflaschen oder starken Glasröhren und schließt deren Mündung mit Kork, in Wachs getränkt, oder mit Holzdeckeln, mit Siegellack überzogen. Ein Champagnerglas mit passendem Glasdeckel isolirt den Inhalt ziemlich vollständig. Bei feuchter Luft ist diese Abschließung noch die wirksamste.

§. 15. Eine Vorrichtung, welche dazu dient die Elektricität in Menge zu entwickeln und durch Abschließung anzuhäufen, heißt eine Elektrisirmaschine. Bei allen wird durch Reiben erregt, und der Erreger ist meistens Glas; man hat aber auch Maschinen, wo Seide, Wolle, Harz oder Schwefel die Stelle des Glases vertritt. Die Nebengeräthe zu elektrischen Spielereien sind es, welche die Einrichtung kostbar machen. Was in der That zum Nutzen und zur Belehrung dient, kann ohne großen Aufwand hergestellt werden. Die dazu nöthigen und wesentlichen Theile stellen die Fig. 113 — 121 dar. In diesem Kapitel betrachten wir zunächst den Reiber, das Reibzeug, den Zwischenreiber, die Sammler und Elektrometer.

§. 16. Der Reiber a Fig. 113 ist entweder eine starke Glasscheibe, oder ein an den Grundflächen abgerundeter Cylinder von Glas. Statt des letzteren können die gläsernen Ballons, in welchen das englische Vitriolöl von Gerson versendet wird, sehr wol gebraucht werden, wenn Hals und Boden ausgesprengt worden. Grünes Glas ist besser als weißes. Das Gestell b von trocknem Holze wird überfirnißt, damit es nicht Feuchtigkeit anziehe. Die Umdrehung des Reibers um seine Achse bewirkt man durch eine Kurbel mit der Hand, oder durch Treten, wie beim Spinnrad. Zur Beschleunigung dienen Seilräder. Die Achse darf bei Cylindermaschinen nicht durchgehn. Die innere Fläche des Cylinders überzieht man nach Mayers Vorschrift

Digitized by Google

mit einer Mischung von sechs Theilen Geigenharz, drei Theilen schwarzem Pech, zwei Theilen Wachs und einem Theil Terpentin.

§. 17. Das Reibzeug ist gewöhnlich ein ledernes, mit Roßhaar ausgestopftes Kissen c, welches durch eine auf dem Gestell angeschraubte Stahlfeder an den Reiber angedrückt wird und so bei dessen Umschwung die nöthige Reibung bewirkt. Das Kissen wird nach der Gestalt des Reibers gekrümmt, damit es in seiner ganzen Fläche anschließe. Das Haar zur Ausstopfung kann mit unächten Tressen vermischt werden. Am oberen Rande des Kissens befestiget man einen Taffetschurz d, welcher die obere Fläche des Reibers bedeckt und durch seidne Schnuren gespannt wird, um die Reibung in größerer Fläche zu bewirken und die Elektricität unvermindert nach g zu bringen.

§. 18. Es dient ungemein zur reichlicheren Erregung, wenn man zwischen Reiber und Reibzeug gewisse Körper bringt, welche die Reibung verstärken, auch wol zur Ausscheidung der Elekricität chemisch mitwirken. Man nennt sie Zwischenreiber. Geschabte Kreide leistet schon etwas, mehr das verkäufliche Musivgold, noch mehr ein Amalgama, welches man nach Kienmeier aus 2 Theilen Queckſilber, 1 Theil Zinn und 1 Theil Zink, oder nach Singer aus 6 Theilen Queckſilber, 2 Theilen Zink und 1 Theil Zinn zusammensetzt. Das Amalgama wird auf Papier mit etwas Talg zusammengerieben und dann mit einem Messer auf das Kissen gestrichen.

§. 19. Zur Anhäufung der entwickelten Elektricität dient der Sammler oder Konduktor, den Fig. 114 darstellt. Ein holer Cylinder von Weißblech e, der an den Grundflächen zugerundet und äußerlich lackirt ist, steht auf dem Glasfüße f, welcher oben und unten in lackirtes Holz greift. In g steckt der Kamm, ein holgebogenes Messingblech mit vielen messigenen Saugspitzen, welche dem Reiber die unter dem Schurz hervorströmende Elektricität abnehmen und dem Konduktor, vornehmlich der Innenfläche desselben, zuführen. Wenn der Sammler so viel Elektricität

Digitized by Google

eingenommen hat, als er fassen kann, heißt er geladen. Oben und am anderen Ende, in h und i sind die Schlagkugeln, zwei messingne, mit Blei ausgegossene Holkugeln, eingesetzt, beide oben eingebohrt, damit man Nebengeräthe aufsetzen könne.

§. 20. Zu besonderen Zwecken dient noch ein zweiter Sammler Fig. 115. Ein großes Arzneiglas k wird zur größeren Hälfte mit einem lockeren Haufwerk von allerlei Metall, vorzugweise mit Nähnadeln und Stecknadeln, gefüllt. Der Hals wird mit Kork verstopft und mit Siegellack übergossen. Durch den Pfropf steckt man einen starken und glatten Messingdraht l, welcher innerlich die Nadeln berührt, äußerlich aber umgebogen ist. An dessen Ende wird ein zugespitzter Halbleiter m, ein Kegel von Korkholz angeschroben. Um diese Handflasche zu laden, faßt man sie bei k mit der Hand und hält l an i, während der Reiber umgeht. Wenn das Metall in der Flasche sich bewegt, ist sie geladen.

§. 21. Die Wirksamkeit der Elektrisirmaschine hängt großentheils von der Größe der geriebenen Fläche, also bei gleichem Verhältniß aller Theile von der Größe des Reibers ab; denn je mehr Fläche gerieben wird, desto mehr Elektricität entsteht gleichzeitig. Zweitens hängt die Stärke der Ladung von der Zahl der Umdrehungen ab und wächst mit ihr in ziemlich gleichem Verhältniß, jenachdem man 10, 20, 30, 40, 50 oder 60 mal umdreht. Durch den Gebrauch lernt man die Maschine kennen und danach verfahren. Auch hängt die Wirkung drittens von der Wärme des Reibers ab. In der Kälte ist sie anfänglich schwach; man kann sie aber leicht verstärken, wenn man ein Licht in g nah an den Reiber stellt und ihn durch langsames Umdrehen daran erwärmt. Durch schnelles Umdrehen wird er ohne Licht erwärmt und wirksamer.

§. 22. Nähert man die Wange dem erregenden Reiber oder dem geladenen Sammler, so fühlt man eine leise Berührung, wie von Spinngewebe. Nähert man den Holzkegel der geladenen

Digitized by Google

Handflasche der Wange, so empfindet man ein deutliches Blasen. Setzt man auf die Kugel h eine messingne Spitze n Fig. 116, auf welcher eine Sförmig gekrümmte Nadel opo im Gleichgewichte schwebt, so strömen die Spitzen oo beim Laden des Sammlers Elektricität aus, welche von trockner Luft zurückgestoßen wird, so daß die Nadel, das sogenannte Flugrad, sich nach der entgegengesetzten Seite umdreht. Aus der Geschwindigkeit dieser Umdrehung erkennt man, ob die Luft zu Versuchen günstig sey.

§. 23. Wenn man zwei Korkkügelchen an den Enden eines trocknen Zwirnfadens befestigt und die Mitte desselben um den Stiel der Kugel i hängt, so erfolgt ein gegenseitiges Abstoßen der Kugeln bei Ladung des Sammlers, welches mit der Stärke der Ladung zunimmt. Man hat also an den Korkkügelchen einen Elektricitätmesser oder ein Elektrometer. Genauer wird der Grad der Stärke durch das Henleysche Elektrometer angegeben, welches Fig. 117 vorstellt. Die Metallspitze q wird auf die Kugel h gesetzt und dadurch der metallene Cylinder r geladen. Auf diesem steht ein lackirter Stab rs, mit der Elfenbeinscheibe t, von deren Mittelpunkt die Korkkugel u an einem dünnen Holzstäbchen als Pendel drehbar herabhängt. Durch r wird u geladen und dann abgestoßen. Die Gradtheilung der Scheibe t zeigt dann, wie stark die Elektricität bei einer gegebenen Witterung angehäuft werden kann.

§. 24. Nähert man den Holzkegel der geladenen Handflasche der Zunge, so entsteht ein säuerlicher Geschmack. Richtet man die Spitze des Holzkegels auf ein Nasenloch, so spürt man einen eigenthümlichen phosphorischen Geruch, der sich nach Gewittern auch im Freien zeigt. Richtet man die Spitze des Holzkegels gegen die Oeffnung des Ohrs, so hört man ein Rauschen, ähnlich dem, welches ein Windofen hören läßt.

§. 25. Setzt man die Metallspitze n auf den Knopf i und nähert ihr im Dunklen einen Finger, so strömt aus derselben ein bläuliches Licht, welches sich in einen Strahlenkegel ausbreitet.

Digitized by Google

Nähert man den Holzkegel der geladnen Handflasche dem Auge, so sieht man dasselbe Licht noch lebhafter. Wenn der Zwischenreiber erneuert wird, sprüht auch der Reiber selbst bei raschem Umschwunge im Dunkeln elektrisches Licht nach allen Seiten.

§. 26. Setzt man einen Büschel von Glasfäden auf den Knopf h, so breiten sie sich beim Laden des Sammlers kugelförmig aus und zeigen dabei im Dunklen einen matten Schein. Wenn eine Person mit langem und blondem Haar auf das Pechbret tritt und durch Drahtleitung mit dem Sammler in Verbindung gesetzt wird, so stehen die Haare auf und zeigen sich im Dunklen von einem Nimbus umgeben. Zuweilen hat man beobachtet, daß gewisse Personen, ohne elektrisirt zu werden, einen solchen Schein erzeugten, besonders nach starker Bewegung.

§. 27. In sehr verdünnter Luft zeigt sich das elektrische Licht vorzüglich hell, wogend wie ein Feuermeer, ähnlich der Erscheinung des Nordlichtes. Zu dem Ende muß der Hals an der Glocke der Luftpumpe Fig. 40 abgeschliffen und mit einer geschliffenen Metallplatte a, von welcher eine Metallspitze niedergeht, luftdicht geschlossen werden. Hat man die Luft möglichst verdünnt, so schiebt man die Pumpe unter den Sammler, daß die Metallplatte a den Knopf i Fig. 114 berührt. Aehnliches Licht erscheint in etwas weiten, an beiden Enden zugeschmolzenen und beim Zuschmelzen durch Erhitzung beinah luftleer gemachten Glasröhren, wenn man sie an einem Ende faßt und das andere dem geladenen Sammler nähert. Manche Barometer zeigen in Sommernächten elektrisches Licht, wenn man das Queckfilber auf und nieder schlagen läßt.

§. 28. Das Wasserstoffgas (XVIII, 44) besitzt nach neueren Beobachtungen die merkwürdige Eigenschaft die zuströmende Elektricität als leuchtenden Körper in sich aufzunehmen, ihr Licht zu verstärken und Stunden lang zu erhalten. In Glasröhren eingeschlossen, leuchtet das elektrisirte Wasserstoffgas ohne Zutritt der Luft beinah so hell, als wenn es an der Luft verbrennt.

Digitized by Google

Man hat schon vorgeschlagen solche Röhren statt der Gasbeleuchtung zu benutzen. Wenigstens versprechen sie ein magisches Dämmerlicht ohne Geruch und Luftverbrauch.

§. 29. Wenn an einer mit Wasser halb gefüllten Barometerröhre der Wasserstand bezeichnet, dann aber das Wasser durch Drahtleitung elektrisirt wird, so beobachtet man eine merkliche Ausdehnung des Wassers, ohne daß es wärmer wird. Hängt man einen feingebohrten messingnen Trichter an den Knopf i, füllt ihn mit Wasser und elektrisirt ihn, so wird der auslaufende Wasserstrahl in einen kaum sichtbaren Staubregen zerstreut, der im Dunkeln leuchtet. Füllt man den Trichter statt des Wassers mit Oel, so leuchtet der Staubregen in einem 2 — 3 Zoll langen Feuerbüschel.

§. 30. Wenn man ein angefeuchtetes Stück Papier in zwei Hälften zerschneidet und die eine auf den Sammler legt, so trocknet sie bei fortwährendem Elektrisiren schnell ab, indeß die andre, die man zur Seite legte, noch lange feucht bleibt. Die Elektricität fördert demnach die Verdunstung. Der Staubregen §. 29 verdunstet auch großentheils und benetzt den Fußboden nur wenig. In beiden Fällen gelangt der Sammler zu keiner Ladung; denn die Elektricität zerstreut sich mit dem Wasser. Die §. 23 besagten Korkkügelchen kann man aus derselben Ursach nicht zum Abstoßen bringen, wenn der Faden angefeuchtet worden.

§. 31. Füllt man ein Arzneiglas durch den Dampfball (XV, 37) mit Wasserdampf, wobei eigentlich die innere Luft mit Wasserdampf gemischt wird, so befeuchtet er beim Erkalten die innere Fläche. Schließt man das Glas mit einem Pfropf, durch welchen eine Stecknadel gesteckt ist, und elektrisirt die Nadel am Sammler, so verschwindet der Nebel und die anhängende Feuchtigkeit löst sich in der Luft auf, hängt sich aber beim Erkalten nicht leicht wieder an. Dieser Versuch dient mit dem vorigen zur Erläuterung der Natur des Wasserdunstes. Vgl. XVI, 4. 5.

§. 32. Im Gegentheile wird demnach feuchte Luft als ein Gemisch von Luft und Wasser zu betrachten seyn, dem es zu inniger Vereinigung an hinreichender Elektricität gebricht. Vgl. XVI, 28. Inseln und Küstenländer haben feuchtes Klima, weil die nahen Wassermassen die Elektricität zu stark ableiten. Williams hat daher vorgeschlagen in England große Elektrisirmaschinen zu errichten, um die Feuchtigkeit aufzulösen und das Klima zu verbessern. Das rechte Mittel wäre es freilich; wenn man aber Mittel und Zweck als Größen vergleicht, so erscheint die Idee als eine technische Hyperbel, nicht viel praktischer als die, ein Meer mit Eimern zusammenzutragen.

§. 33. Jenes Unverhältniß fällt weg, wenn die Aufgabe ist, gesperrte Lufträume zu elektrisiren. Wenn man bei feuchter Luft im Zimmer die Maschine anläßt, so zeigt sie fast gar keine Wirkung; setzt man aber die Arbeit so lange fort, bis die umgebende Luft elektrisirt ist, so nimmt die Wirkung stufenweise zu. Leiten die Wände nicht ab, so wird das ganze Zimmer elektrisirt. Da die Erfahrung lehrt, daß viele Krankheiten bei feuchter Luft zu-, bei trockener abnehmen, so würden elektrisirte Krankenzimmer von wichtigem Nutzen seyn. Dergleichen in Krankenhäusern vorzurichten, könnte man sie durch wollene Tapeten und Teppiche isoliren, die Maschine in einem Nebenkabinet aufstellen, den Leiter zwischen Glas durch eine Thür einführen und sein Ende mit einem Stern von Metallspitzen besetzen.

§. 34. Die Elektricität befördert auch die Auflösung des Rauchs in der Luft. Wenn man Tabakrauch in eine Glasflasche bläst und ihn darin elektrisirt, so verschwindet er schnell, indem er mit dem eingemengten Sauerstoffgas kolenstofffaures Gas bildet. Auf ähnliche Weise verschwindet der Essenrauch größtentheils in elektrischer Luft. Bei feuchter Luft häuft er sich weit stärker. Wenn der Fall vorkäme, daß irgendwo ein aufsteigender Rauch um jeden Preis vernichtet werden müßte, so würde das durch Elektrisiren in der Esse zu bewirken seyn.

Digitized by Google

§. 35. Salzauflösungen im Wasser werden durch Elektrisiren beschleuniget. Wenn man zwei Arzneigläser gleicher Größe mit Wasser füllt, gleich viel Salz zusetzt und das eine davon anhaltend elektrisirt, so löst sich darin das Salz eher als in dem andern. Füllt man aber beide mit Weingeist und Kampher, so hat das Elektrisiren auf diese Nichtleiter gar keinen Einfluß. Füllt man beide Gläser mit einer und derselben gesättigten Auflösung des Salpeters im Wasser, und elektrisirt dann das eine von Zeit zu Zeit, so wird das Anschießen darin verspätet und bei völligem Erkalten noch aufgehalten. Bei Fabrikation des Salpeters, des Glaubersalzes und Bittersalzes, des Alauns und der Vitriole, auch bei Raffinirung des Tinkals, Zuckers und Weinsteinsalzes beobachtet man einen wesentlichen Einfluß der natürlichen Elektricität auf die Krystallisation.

§. 36. Manche Gährungen werden durch die Elektricität gefördert und gesteigert. Elektrisirte Milch rahmt und säuert schneller als andre. Im Sommer wird die Zersetzung der Milch und Fleischbrühe durch Gewitterluft rasch herbeigeführt. Die geistige Gährung des Weins und Bieres geht unter denselben Umständen in tumultuarischer Beschleunigung vor sich und leicht in Essiggährung über, in welchem Falle man das Produkt übergohren nennt. Die säurebildende Gährung wird aber im Gegentheile durch Abhaltung der Elektricität gehemmt. Die Aufbewahrung im Keller gelingt mit dadurch, daß die zuströmende Elektricität vom feuchten Erdboden abgeleitet wird. Außer dem Keller bewahrt man süße Milch in Kühltrögen, worin die Näpfe auf Wasser schwimmen; denn die Menge des Wassers zieht die Elektricität an sich.

§. 37. In den Speisekammern der oberen Stockwerke, entfernt vom Erdboden und Wassermassen, ist die Aufbewahrung im Sommer um so schwieriger, da die gebräuchlichen Gefäße aus stark zuleitenden Massen bestehen. Metallene dienen hier am wenigsten zum Verschluß. Glasgefäße mit Glasdeckeln, in

Digitized by Google

ausgepichte Holzgefäße eingeschlossen, würden Speisen und Getränke isoliren und dem Zwecke entsprechen. Allgemeiner anwendbar ist die von Steiner mit Erfolg versuchte Ableitung der Elektricität nach dem Erdboden. Das Gefäß zur Aufbewahrung bedeckt man mit einem Deckel von Drahtgitter, leitet von diesem eine Kette von zwei Fuß langen Drahtgliedern an der Hofwand bis zur Erde herab und hängt sie an eine Eisenstange, welche 2 — 3 Fuß tief in die Erde gestoßen ist. Nach glaubwürdigen Zeugnissen leistet dieser Ableiter viel bei richtiger Anlage.

§. 38. Das Keimen der Samen wird durch Elektricität geweckt und beschleuniget. Wenn man Gerste in zwei Gläsern mit Wasser übergießt und nach Einsaugung desselben das eine Glas anhaltend elektrisirt, so keimen die Körner darin schneller und kräftiger. Ebendeshalb keimen die Malzhaufen rascher bei Gewitterluft. Das Saatkorn entwickelt sich zum Verwundern schnell, wenn bald nach der Aussaat Gewitter folgen. Unter manchen Umständen dürfte es förderlich seyn der keimenden Saat durch eingesteckte Eisenstangen Elektricität zuzuleiten.

§. 39. Das Wachsthum dürftiger Topfgewächse wird sichtbar erregt, wenn man sie mit dem Staubregen elektrisirt. Gewitterregen erfrischen mehr als andre. Maimbrai brachte durch Elektrisiren Myrtenbäume im Oktober zu frischem Triebe. Hall versuchte die künstlich erregte Elektricität in der Gärtnerei anzuwenden, indem er das Wasser zum Begießen elektrisirte und den Begießenden auf einen Isolirschemel stellte. Leichter würde man einen durch Wasserdruck erzeugten Wasserstrahl durch Drahtleitung laden.

§. 40. Blühende Pflanzen entfalten ihre Blüten rascher, wenn sie vom elektrischen Staubregen benetzt sind, und verbreiten stärkeren Wolgeruch. Aehnliches beobachtet man in Gärten nach Gewittern. In voller Blüte stehende Gewächse scheinen in sich selbst Elektricität zu erregen. Manche strahlen elektrisches Licht aus ihren Blumen. Namentlich beobachtet man solche hüpfende

Digitized by Google

Blumenlichter an der Kapuzinerblume, dem weißen Diptam, der Ringelblume, der Feuerlilie und Sonnenwende, vornehmlich nach heißen Tagen, unmittelbar nach Sonnenuntergang.

§. 41. Die Eyer der Vögel werden leuchtend, wenn man sie am geladenen Sammler aufhängt. Die Eyer der Eidechsen und Schlangen leuchten von selbst während ihrer Entwickelung. Die Ausbrütung der Hünereyer wird ebensowol durch die Elektricität als durch die Wärme der Mutter bewirkt. Die künstliche Ausbrütung derselben wird nach Achards Versuchen mehr durch Elektrisiren als durch Wärme gefördert. Bei Anlage von Brütöfen würde darauf Rücksicht zu nehmen seyn. Dagegen wird Steiners Ableiter zur Aufbewahrung der Eyer anwendbar befunden.

§. 42. Das thierische Leben wird durch Elektrisiren gleich der Pflanzenblüte aufgeregt. In isolirten Personen beschleuniget die elektrische Ladung den Umlauf des Blutes, steigert die Absonderung der Drüsen, vor allem aber die Ausdünstung. Demnach ist durch anhaltendes Elektrisiren den Folgen der Erkältung vorzubeugen. Kleine Thiere werden dadurch ungemein lebhaft, ohne Mißbehagen zu äußern. Nur Wasserthiere zeigen eine gewisse Unruhe und Aengstlichkeit bei der ihrem Element nicht gewöhnlichen Anhäufung der Elektricität.

XXVI. Elektrischer Gegensatz.

§. 1. Schärfere Beobachtungen haben außer Zweifel gesetzt, daß in dem, was man vordem schlechthin Elektricität nannte, wesentlich verschiedene Kräfte wirksam sind. Seit Du Fay (1733) unterscheidet man zwei entgegengesetzte Elektricitäten, welche einander gegenseitig aufheben, woraus eben ihre wesentliche Ungleichartigkeit gefolgert werden muß, wiewol sie in anderen Beziehungen einander ähnlich sind. Wir nennen beide hier mit der gebräuchlichsten Benennung: positive und negative Elektricität.

Digitized by Google

§. 2. Die positive Elektricität, welche man oft abgekürzt mit + E. bezeichnet, wird vornehmlich dann erregt, wenn glattes Glas an weicheren Körpern gerieben wird. Du Fay nannte sie deshalb Glaselektricität, welche Benennung auch manche Neuere vorziehen. Sie entwickelt sich am Reiber der Elektrisirmaschine und haftet an seiner Fläche, bis sie durch Leiter abgenommen wird, weshalb man sie, in Beziehung auf die gewöhnliche Elektrisirmaschine, Elektricität des Reibers nennt. Demnach gilt alles das, was im vorigen Kapitel von der Elektricität überhaupt gesagt worden, insbesondere von ihr. Viele ihrer Wirkungen kommen mit denen des Sauerstoffs überein. Die Vermuthung, daß sie freier, nicht an Wärmestoff gebundener Sauerstoff sey, bedarf der Bestätigung.

§. 3. Die negative Elekricität, welche man oft mit — E. kurz bezeichnet, wird unter andern dadurch erregt, daß man einen harzigen Körper mit einem Nichtleiter reibt, haftet dann an dem Harzkörper und kann ihm durch Leiter abgenommen werden. Du Fay nannte sie deshalb Harzelektricität. Sie wird aber auch durch Reiben an Schwefel und rauh gemachtem Glase erzeugt. In Beziehung auf die gewöhnliche Elektrisirmaschine heißt sie wol Elektricität des Reibzeuges. Ob sie freier, nicht mit Wärmestoff verbundener Stickstoff sey, muß noch erwiesen werden.

§. 4. Zahlreiche Erfahrungen haben gezeigt, daß beide Elektricitäten immer zusammen und gleichzeitig entbunden werden, keine ohne die andere entsteht. Sie häufen sich aber abgesondert, jenachdem sie von dem einen oder dem andern der beiden Körper, welche man zusammenreibt, mehr angezogen werden. Dieses specifische Anhaften bestimmt die Richtung einer jeden so fest, daß man schon im voraus wissen kann, welcher von den geriebenen Körpern diese oder jene annehmen werde. Aus den darüber angefertigten Tabellen werden hier nur einige Fälle ausgezogen. Wird glattes Glas an Leder gerieben, so erhält das

Digitized by Google

Glas positive, das Leder negative Elektricität, welche letzteres dem Reibzeug der Elektrisirmaschine mittheilt. Wird Harz an Wolle gerieben, so erhält das Harz — E., die Wolle + E. Weiße Seide erhält + E. von schwarzer, und diese — E. Schwefel erhält — E. von Tuch, und dieses + E. Der Rücken einer Katze bekommt + E. von der Hand, und diese — E.

§. 5. Höchst wahrscheinlich erregen alle festen Körper die Elektricitäten, wenn ihrer zwei von verschiedener Anziehung in atmosphärischer Luft zusammengerieben werden und Reibwärme entsteht. Vgl. XVII, 10. Das Eis ist in sehr kalter Luft offenbar ein Erreger. Auch beim Metalldrehen deuten gewisse Anzeichen auf eine solche Erregung hin. Da jedoch von Leitern die erregte Elektricität, wie gewonnen, so verstreut wird, so können freilich nur Nichtleiter zur Darstellung technisch brauchbar seyn. Daß isolirte Leiter reichliche Elektricität hergeben, beweiset die Wirksamkeit der Zwischenreiber. Vgl. XXV, 18.

§. 6. Die negative Elektricität kann auf ähnliche Weise, wie die positive, durch Maschinen erregt und gesammelt werden, wenn man statt des Reibers von Glas einen hölzernen, mit Schwefel oder Siegellack überzogenen Cylinder und statt des Lederkissens eine Bürste gebraucht. Die allererste Elektrisirmaschine, welche Otto v. Guerike 1676 erbaute, war eine solche negative Elektrisirmaschine und der Reiber eine Schwefelkugel. Diese Werkzeuge sind überflüssig geworden, da man die negative Elektricität eben so gut vom Reibzeuge der Glasmaschine erhalten kann, wenn man dasselbe durch Glasfüße isolirt und einen Sammler daran stellt. Im Kleinen theilt man sie der elektrischen Boussole oder an Seide hängenden Korkkügelchen durch geriebnes Siegellack mit.

§. 7. Wenn man zwei Korkkügelchen zwei Zoll weit von einander entfernt an Seidenfäden aufhängt, dann aber das eine mit positiver, das andere mit negativer Elektricität ladet, so stoßen sie einander nicht ab, wie bei gleicher Ladung geschieht (vgl. XXV, §. 23.) sondern fahren zusammen. Diese elektrische Anziehung ist

Digitized by Google

ein sicheres Kennzeichen entgegengesetzter Ladung und entspricht der magnetischen Anziehung der ungleichnamigen Pole. An ihr erkennt man leicht, welche Elektricität ein Körper an sich habe, wenn man ihm eine schon bekannte darbietet. Wenn nach XXV, 1 leichte Körper durch geriebne anfänglich angezogen und dann erst abgestoßen werden, so geschieht ersteres durch dieselbe Gegenwirkung.

§. 8. Wenn man ein Korkkügelchen am Ende eines Zwirnfadens befestiget, es dann dem positiv geladenen Sammler darbietet und den Faden zum Fußboden herabhängen läßt, so wird jenes vom Sammler fest gehalten, so lange er merklich elektrisch bleibt. Man darf daraus schließen, daß der Erdboden von Natur negativ geladen sey. Diese natürliche Elektricität des Erdbodens findet sich auch in den Metallen, im Wasser und allen feuchten Körpern, auch im menschlichen Körper, so lange er mit dem Erdboden in leitender Verbindung steht. Daß alle diese Körper elektrische Leiter sind, ist wol zunächst Folge jener gegenseitigen Anziehung.

§. 9. Werden zwei zugespitzte Leiter, die entgegengesetzt geladen sind, mit ihren Spitzen gegen einander gekehrt und nahe genug gebracht, so erfolgt ein gegenseitiges Ueberströmen beider Elektricitäten und beide Leiter verlieren ihre Ladung in sehr kurzer Zeit. Die gegenseitige Entladung wird im Dunkeln sichtbar durch eine Lichterscheinung an beiden Spitzen. Am deutlichsten beobachtet man diese in verdünnter Luft, wenn man bei dem XXV, 27 beschriebenen Versuche eine zweite Metallspitze auf den Knopf des Tellers (d Fig. 40) setzt. Beide Spitzen sprühen dann Feuer gegeneinander, welches in der Mitte verschwindet.

§. 10. Bei diesem Zusammenströmen unterscheidet man deutlich verschiedene Gestalten des elektrischen Lichtes. Das der positiven Elektricität erscheint als ein langer, wallender Strahlenkegel, das der negativen aber als ein heller, stillstehender Stern oder Punkt. Derselbe Unterschied ist auch am Sammler in freier Luft zu bemerken. Setzt man eine Metallspitze auf den

Digitized by Google

Knopf h des positiv geladenen Sammlers (Fig. 114) und nähert ihr einen Finger, so giebt die Spitze den Strahlenkegel; hält man aber dieselbe Spitze in der Hand dem positiv geladenen Konduktor entgegen, so zeigt sie den Lichtpunkt, und bei stärkerer Ladung des Sammlers den Stern.

§. 11. Etwas Aehnliches zeigt sich auch in der Bewegung leichter Körper durch den Strom beider Elektricitäten. Wenn man ein Metallglöckchen auf eine Harzplatte setzt und durch Drahtleitung vom Sammler positiv elektrisirt, dann aber abhebt und die Stelle mit feingepulvertem Schwefel bestreut, so gruppirt sich der Staub in eine regelmäßige Sternfigur. Wird dagegen die Glocke und ihre Umgebung negativ elektrisirt, so gruppirt sich der Schwefel in koncentrischen Ringen. Diese vom Erfinder benannten Lichtenbergschen Figuren, so wie obige Lichtgestalten, deuten an, daß die positive Elektricität dehnsamer und strahlender sey als die positive, letztere aber den Körpern mehr anhafte, aus welchem Grunde sie wol beharrlicher dem Erdboden beiwohnt.

§. 12. Ein dritter sehr wesentlicher Unterschied zeigt sich in der Einwirkung beider Elektricitäten auf die Feuerflamme. Setzt man nach Holfeld ein brennendes Lämpchen auf den Sammler und ladet ihn positiv, so brennt es ungewöhnlich hell und mit scharf zugespitzter Flamme, als wenn ihr von innen Sauerstoffgas zugeführt würde; wird dagegen der Sammler negativ geladen, so brennt die Flamme sehr dunkel, erscheint oben abgerundet, wird immer tiefer herabgedrückt und verlöscht endlich gar.

§. 13. Werden zwei abgerundete Leiter, welche mit entgegengesetzten Elektricitäten geladen sind, einander genähert, so entladen sie sich nicht blasend wie Spitzen, sondern urplötzlich, und es entsteht zwischen beiden eine heftige, nur augenblickliche Lichterscheinung, der elektrische Funke. Er ist von bläulich weißer Farbe und bei starker Ladung blendend. Der positiv geladene

Digitized by Google

Sammler giebt den Funken, wenn man einen Schlüssel, oder eine Metallkugel, oder den Knöchel eines Fingers den Schlagkugeln nahe hält.

§. 14. Die Entfernung, in welcher der Funke dem Sammler entlockt wird, nennt man die Schlagweite. Sie ist desto größer, jemehr positive Elektricität im Sammler angehäuft ward. Man kann nach ihr die Wirksamkeit der Maschine beurtheilen. Bei schwachen beträgt sie etwa 1 Zoll, bei stärkeren 5 — 6 Zoll. Die große Scheibenmaschine im Teylerschen Museum zu Haarlem giebt Funken von zwei Fuß Länge, und der sich schlängelnde Feuerstrahl ist von der Dicke eines Gänsekiels. Gewöhnlich schätzt man die Stärke der Funken nach ihrer Länge und nennt sie deshalb z. B. zweizöllige, dreizöllige Funken.

§. 15. Mit dem elektrischen Funken ist ein hörbarer Schlag verbunden, welcher bei schwacher Ladung und beim Gebrauch eckichter Entlader als ein knisterndes Geräusch, aber bei starker Ladung, und wenn beide Leiter glatt abgerundet sind, als ein empfindliches Platzen ins Gehör fällt. Dieser Schall entsteht nicht unter der Glocke der Luftpumpe und ist nur Folge einer heftigen Pressung der Luft.

§. 16. Entlockt man den Funken mit dem Knöchel der Hand oder einem unmittelbar in der Hand gehaltenen Metalle, so empfindet man zugleich eine mehr oder weniger starke Erschütterung, vornehmlich in den Armgelenken. An fleischigen Theilen des Körpers verursacht der einschlagende Funke ein Stechen. Uebrigens spürt man bei elektrischen Schlägen nicht jenen eigenthümlichen Geschmack und Geruch der einfach strömenden positiven Elektricität.

§. 17. Wenn die Leiter gleich stark geladen waren, so verschwinden mit dem Schlage beide Elektricitäten bis auf die letzte Spur. Aus diesem augenblicklichen, wie aus dem allmählichen Verschwinden durch Ueberströmen (§. 9) folgert man, der nicht elektrische Zustand bestehe darin, daß die entgegengesetzten

Digitized by Google

Elektricitäten, in gleicher Stärke vereiniget, einander binden. Die natürliche Elektricität des Erdbodens wäre demnach ein Ueberschuß der negativen. Die Erregung würde nach dieser Ansicht darin bestehen, daß durch Wärme, Stoß und Reibung jene neutrale Verbindung aufgehoben, das + und — gesondert werde.

§. 18. Die gegenseitige Entladung fällt verschieden aus, jenachdem Leiter oder Nichtleiter dabei im Spiel sind. Entlockt ein Leiter dem geriebenen Reiber (Nichtleiter) Funken, so sind sie immer schwach, weil nur die der berührten Stelle anhaftende Elektricität entladen wird; man kann aber viele ähnliche den benachbarten Stellen entlocken. Dagegen entläßt der geladene Sammler an andere Leiter seine Ladung mit einmal ganz und giebt einen stärkeren Funken, aber keinen zweiten, wenn der Entlader das Ganze fassen kann.

§. 19. Die Stärke des elektrischen Schlages hängt davon ab, wieviel von beiden Elektricitäten gegenseitig gebunden wird, und ein Ueberschuß der einen wirkt dabei nicht mit. Daher dient die gleichmäßige Anhäufung beider Elektricitäten gar sehr zur Verstärkung des Schlages. Sie findet statt, wenn man zwei Sammler gebraucht, deren einer vom Reiber, der andere vom Reibzeug geladen wird. Noch leichter erreicht man denselben Zweck durch folgende Nebenwerkzeuge, vermöge deren eine kleine und schwache Maschine zu bedeutender Wirkung gebracht werden kann. Diese Verstärkung erfand v. Kleist 1745, Cunäus und Muschenbrök in Leyden bestätigten aber die Erfindung.

§. 20. Das Hauptwerkzeug dazu ist die Kleistsche Flasche, welche man auch die Leydner Flasche oder Verstärkungflasche nennt. Ein geräumiges Zuckerglas ab Fig. 119 wird innerlich und äußerlich mit starkem Stanniol beklebt, so daß der Rand zwei Zoll breit, bis zur Linie cd, frei bleibt. Diesen Rand lackirt man mit Schellack, in Weingeist gelöst. Ein passender Deckel ef von gedörrtem Holze gedreht, wird gleichfalls lackirt. Durch die Mitte des Deckels geht ein starker und glatter Messingdraht gh,

Digitized by Google

der unten durch Drahtketten die innere Stanniolbelegung erreicht, oben aber eine polirte Messingkugel g trägt. Die Flasche steht auf einem Blechteller ik, welcher in k mit einem Ringe versehen ist, um Ketten von Eisendraht einzuhängen.

§. 21. Gebrauch und Wirkung der Flasche sind folgende. Man stellt sie neben den positiv zu ladenden Sammler, so daß die Kugel g den Knopf i Fig. 114 berührt. Die Eisenkette leitet man herab zum Fußboden, besser in einen Eimer voll Wassers, noch besser zum Fenster hin aus bis zum Erdboden, am besten in einen Brunnen bis zum Wasserstande. Der Sammler giebt die vom Reiber empfangene positive Elektricität sofort an die innere Belegung ab, und das aufgesetzte Elektrometer zeigt, daß er nicht eher zur Ladung gelangt, bis jene gesättiget worden. Die eingeschlossene Elektricität wirkt insofern durch die Glaswand, daß sie in der äußeren Belegung eine Anhäufung der negativen Elektricität veranlaßt, welche sie aus dem Erdboden herbeizieht.

§. 22. Die Erläuterung des Vorganges stützt sich auf die aus dem Vorigen bekannten Eigenschaften beider Elektricitäten. Die Dehnsamkeit derselben, vermöge deren die gleichartigen Theile einander abstoßen, verhindert, daß eine von beiden einzeln durch Anhaften an festen Körpern stark angehäuft werden könnte; wenn aber beide einander nah gebracht werden, ohne doch zur unmittelbaren Verbindung zu gelangen, so bewirkt die gegenseitige Anziehung eine Verdichtung jeder einzelnen. Beide Anhäufungen verstärken einander wechselseitig, weshalb die innere Belegung eine weit größere Ladung aufnehmen kann als die obschon größere Metallfläche in der obigen Handflasche, welche als eine unvollkommene Kleistsche wirkt, so lange man sie in der Hand hält.

§. 23. Wenn man die äußere Belegung mit der Hand berührt, so fühlt man nichts, wiewol die in derselben angehäufte negative Elektricität sich ohne Zweifel dem Körper mittheilt. Kommt man aber dann mit dem Knöchel der anderen Hand der Kugel g nah, so erhält man einen sehr verstärkten Funken, der mit

Digitized by Google

lauterem Platzen und heftigerer Erschütterung verbunden ist, weshalb man diesen Versuch die Kleistsche Erschütterung nennt. Ungeachtet seiner großen Stärke hat der Funke der Flasche doch eine geringere Schlagweite als der des Sammlers, welches wol der durch Gegenzug bewirkten Verdichtung der positiven Elektricität zuzuschreiben ist.

§. 24. Da es unangenehm, auch wol der Gesundheit nachtheilig seyn würde den verstärkten Funken oft selbst zu entladen, so bedient man sich bei wiederholten Versuchen des Ausladers, den Fig. 119 vorstellt. Am einfachsten bildet man ihn aus einem bogenförmig gekrümmten Eisendrahte l m n, an dessen Enden die Bleikugeln l und n angeschraubt sind. In der Mitte geht er durch einen Holzstab m o, der am Feuer gedörrt und noch heiß mit Siegellack überzogen ist. Man hält o mit der Hand, setzt n auf k und bringt l an g, so schlägt der Funke im Draht über, ohne die durch m o isolirte Hand zu erreichen. Bequemer sind freilich stellbare Auslader, die in m ein Gewerbe haben, um die Entfernung l n nach Bedürfniß abzuändern.

§. 25. In beiden Fällen, mit und ohne Auslader, werden die angehäuften Elektricitäten durch einen Leiter in unmittelbare Berührung gebracht. Ihre Zusammenleitung heißt die elektrische Kette. Durch dieselbe hat man es in seiner Gewalt dem elektrischen Funken jeden beliebigen Weg anzuweisen und ihn durch allerlei Körper durchgehen zu lassen, um dessen Einwirkung auf sie zu beobachten. Man bringt den zu prüfenden Körper in Berührung mit k und n, bevor die Kette in g und l geschlossen wird. Es ist gleichviel, ob eine einzige Person mit beiden Händen die Kette schließt, oder ob viele Personen einander anfassen, so daß der Erste k, der Letzte g berührt. Wenn der Fußboden trocken ist, erhalten Alle den Schlag, aber freilich der Erste und Letzte am stärksten.

§. 26. Wenn die Elektricitäten stark angehäuft sind, so schlägt der Funke in einer der Stärke entsprechenden größeren Schlagweite

Digitized by Google

über. Dieses giebt ein Mittel die Anhäufung bis auf einen bestimmten Grad zu treiben, bevor man die Entladung zuläßt. Dazu dient der Selbstentlader Fig. 120. Die Kleistsche Flasche A steht in einer Metallflasche B, an welcher ein metallener Arm c angelöthet ist. Die Metallkugel d steht auf dem in Linien abgetheilten Metallstäbchen ef, welches in c durch eine Schraube festgestellt werden kann. Die Kugel d wird mit der äußeren Belegung negativ elektrisch, die Kugel g aber mit der inneren positiv. Sobald die Ladung der Schlagweite gd entspricht, schlägt der Funke aus beiden Kugeln zusammen.

§. 27. Wenn man viele Kleistsche Flaschen neben einander stellt und sowol ihre inneren Belegungen als auch die äußeren mit einander in leitende Verbindung setzt, so müssen alle zusammen sich entladen, wenn an einer von ihnen die Kette geschlossen wird. Diese Verbindung, welche man eine elektrische Batterie nennt, verstattet sowol die Anhäufung beider Elektricitäten als die Verstärkung des Schlages auf den höchsten Grad zu treiben. Ihre Zusammensetzung zeigt Fig. 121. Auf dem Blechteller ab, von welchem Ketten herabhängen, stehen die Kleistschen Flaschen ccc, deren Drähte oben statt der Schlagkugeln mit Ringen ddd endigen, durch welche der an beiden Enden mit Schlagkugeln besetzte metallene Verbindungstab ef geht. Auf diese Weise setzt man 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81 oder 100 Flaschen im Quadrat zusammen und verbindet die Stäbe ef der parallelen Reihen wieder durch Querstäbe.

§. 28. Die Wirkung großer Batterieen geht bis zum Furchtbaren und fordert große Vorsicht bei Anstellung der Versuche, vornehmlich wegen der sogenannten Rückstände. Wenn nämlich nicht genug negative Elektricität zugeleitet worden ist, um die innerlich angehäufte positive zu sättigen, so bleibt von letzterer ein Rest, welcher nach der Entladung neue Gegenladung bewirkt und dann bei zufälliger Berührung noch sehr empfindliche Schläge versetzt. Solche Rückstände werden verhütet, wenn man von

Digitized by Google

dem Teller der äußeren Belegung drei bis vier Ketten herabhängen läßt und wenigstens eine davon bis zum Erdboden selbst leitet.

§. 29. Die durch besagte Mittel verstärkte Elektricität zeigt bei der Entladung eine große mechanische Gewalt, mit welcher sie feste Körper durchbricht und zerreißt. Der Schlag der einzelnen Flasche durchlöchert ein Kartenblatt, und der einer Batterie ein ganzes Spiel Karten. Bemerkenswerth ist, daß diese Durchbrechungen auf beiden Seiten aufgeworfene Ränder zeigen. Mit Oel gefüllte dünne Gläser werden zersprengt, wenn man den Batteriefunken durchschlagen läßt. Zuweilen springen einige Batterieflaschen von selbst, wenn das Glas irgendwo Knötchen hat.

§. 30. Leitet man Batteriefunken durch Drähte zwischen zwei Glasscheiben, nachdem zuvor Blattgold eingelegt worden, so wird dieses geschmolzen, auch wol an eine der Glasscheiben als Vergoldung angeschmolzen. Diese elektrische Schmelzung hat das Besondere, daß dabei keine Hitze wahrzunehmen ist, selbst nicht durch ein nah daran gebrachtes empfindliches Thermometer, weil die Hitze eben so augenblicklich verbraucht wird als sie entsteht. Nur edle Metalle schmelzen unverändert, aber Messingfolie, Kupferschaum und Stanniol werden dabei verschlackt.

§. 31. Brennbare Körper werden durch den verstärkten Funken zur Entzündung gebracht. Etwas Zündschwamm, durch Zusammendrehen als Kegel zugespitzt und so auf den unteren Knopf des Selbstentladers gesetzt, entzündet sich bei der Entladung; so auch ein Körnchen Kampher, ein Tropfen Weingeist. Bis 25 Grad erwärmten Spiritus kann man löffelweise anzünden. Schießpulver zündet für sich allein nicht gut, weil die Nichtleiter, aus welchen es besteht, den Funken nicht anziehen; aber leicht brennt es von schwachen Funken ab, wenn man ihm etwas Eisenfeile beimengt. Am leichtesten wird Knallgas durch den elektrischen Funken in Brand gesetzt, weil das Wasserstoffgas die Elektricität begierig einzieht. Vgl. XXV, 27.

Digitized by Google

§. 32. Wenn atmosphärische Luft in einer Glasröhre von starken Funken durchschlagen wird, so beobachtet man, daß sie sich im Augenblicke des Schlages heftig ausdehnt, und zugleich entstehen Dämpfe von Salpetersäure, welche von mit eingeschlossenem Kalkwasser eingesogen werden, mit eingeschlossene Lackmustinktur aber roth färben.

§. 33. Wenn kleine Wassermassen vollständig isolirt dem verstärkten Funken dargeboten werden, so wird das Wasser durch ihn in seine Bestandtheile zerlegt, die sich aber gasförmig entbinden. Diese Wasserzersetzung nennt man den Amsterdammer Versuch. Eine enge, zum Winkel gebogne Glasröhre wird mit Wasser gefüllt, in ein mit Oel gefülltes Glas getaucht und im Oele umgekehrt, daß beide Enden unten hin kommen. In beide Mündungen steckt man Platindrähte, deren einer mit der äußeren, der andere mit der inneren Belegung einer Batterie in Verbindung steht. Nach mehren Entladungen sammlet sich Knallgas im Winkel der Röhre.

§. 34. Auf lebende Geschöpfe hat der elektrische Funke sehr verschiedene Wirkung nach Verschiedenheit der Umstände. Kleine Fische werden augenblicklich getödet, wenn man einfache Funken durch den Kopf gehen läßt. Die Kleistsche Flasche lähmt wol Hunde. Die Batterie des Teylerschen Museums (vgl. §. 14) tödet einen Ochsen auf Einen Schlag. Hall hat in England mit Erfolg den elektrischen Schlag zur Raupentödung angewendet, indem er starke Batterieen an den behafteten Bäumen zur Entladung brachte. Raupen und Rindenwürmer wurden zugleich getödet, ohne daß die Bäume Schaden litten. Der Vorschlag ist für den Obstbau von Wichtigkeit und verdient gewiß weiter geprüft zu werden.

§. 35. Dem menschlichen Körper sind mäßige und schwache Funken bei manchen Uebeln heilsam. Die Erfahrungen von Kratzenstein (1744), Lindhult, Cavallo, Deimann und Andern haben die Wirksamkeit der elektrischen Heilung bei

Digitized by Google

Augenschwäche, schwerem Gehör, nicht angeborener Stummheit, Lähmungen, Verrenkungen, erfrorenen Gliedern, Zahnschmerz, Rheumatismen, Gicht, Epilepsie und kalten Fiebern beglaubiget. Man isolirt den Kranken stehend oder sitzend auf dem Pechbret, ladet ihn durch Zuleitung vom Sammler positiv, und entlockt dem leidenden, zuvor entblößten Theile Funken mit Ausladern von verschiedener Form.

§. 36. In andern Fällen wirkt der elektrische Funke als ein kräftiges Mittel zur Aufregung des sinkenden Lebens. Eben getödete Thiere zeigen heftige Bewegung bei durchgeleiteten Schlägen. Am längsten dauert diese Reizbarkeit bei kaltblütigen Thieren. Wenn man die abgelösten Schenkel eines Frosches abzieht und den einen neben dem Sammler der Elektrisirmaschine aufhängt, von dem andern aber eine Drahtkette zum Boden herableitet, gerathen beide in heftige Zuckungen, so oft man Funken zieht, sogar nach Stunden noch. Galvani gab durch diesen Versuch Veranlassung zur Entdeckung des Galvanismus. Die elektrische Reizung würde ein brauchbares Mittel abgeben den Scheintod vom wahren Tode zu unterscheiden, wenn der elektrische Apparat in solchen Fällen zur Hand seyn könnte.

XXVII. Elektrische Vertheilung.

§. 1. Versuche mit empfindlichen Elektroskopen, welche man in gewisser Entfernung vom geladenen Sammler hinstellt, zeigen offenbar, daß elektrisirte Körper nicht blos innerhalb der Schlagweite, sondern auch außerhalb derselben Wirkungen hervorbringen, und zwar in einem ihrer Ladung entsprechenden Umkreise, welchen man den elektrischen Wirkungkreis nennt. Er und die Schlagweite bilden koncentrische Kugeln, deren Halbmesser sich verhalten wie 1:5, auch wol wie 1:10, jenachdem die Luft Leiter oder Nichtleiter ist.

§. 2. Worin diese Fernwirkung bestehe, läßt sich beobachten, wenn man eine 10 — 15 Zoll lange, an beiden Enden abgerundete

Metallstange a b Fig. 122 durch einen Glasfuß c isolirt und an beiden Enden Fadenelektroskope befestiget. Man stellt diesen Vertheiler gern in eine Linie mit dem Sammler der Elektrisirmaschine Fig. 114, so daß ein Ende dem Schlagknopf i nah kommt, aber die Schlagweite nicht erreicht. Wenn der Sammler positiv geladen wird, so bewegen sich die Elektroskope, und dann zeigen sie entgegengesetzte Elektricitäten. Das dem Sammler zugekehrte Ende a zeigt negative Elektricität, das andere Ende b dagegen positive, die Mitte der Metallstange aber keine von beiden. Wird der Sammler negativ geladen, so zeigen sich die Elektricitäten am Vertheiler in umgekehrter Ordnung.

§. 3. Der elektrisirte Sammler verliert bei dieser Erscheinung nichts von seiner Ladung, und wenn der isolirte Leiter durch Mittheilung elektrisch würde, müßte auch der Erfolg ganz anders ausfallen. Er wird vielmehr durch Vertheilung elektrisch. Die neutrale Verbindung beider Elektricitäten, welche zuvor in der Metallstange bestand (vgl. XXVI, 17), wird geschieden, indem die positive Elektricität des Sammlers die gleichnamige in der Stange abstößt, die ungleichnamige aber anzieht. Vollständig ist dieser Erfolg nur an isolirten Leitern zu bemerken. Nicht isolirte Leiter zeigen zwar die ungleichnamige Elektricität im zugekehrten Theile, aber die andere wird durch Ableitung zerstreut, wie dieser Fall z. B. bei der Kleistschen Flasche stattfindet.

§. 4. Die Vertheilung nimmt ab wie die Ladung des Sammlers. Wenn diese entladen wird, so hört jene ganz auf und der Vertheiler kehrt in den nicht elektrischen Zustand zurück, indem das gesonderte + und — sich wieder vereiniget. Ein positiv elektrisirter Sammler verliert seine Ladung bald an die Umgebung, und daher ist seine vertheilende Wirkung nur vorübergehend. Dagegen wird die den Körpern stärker anhaftende negative Elektricität (vgl. XXVI, 11) von ihren Erregern länger fest gehalten. Diese sind deshalb zu einer fortwährenden Wiedererzeugung

Digitized by Google

der positiven Elektricität im Wirkungkreise geeignet, aber freilich nur in dem Maße, als die einfach anhaftende Elektricität eines Erregers wirken kann.

§. 5. Die Vorrichtung, welche dazu dient die Erscheinungen der Vertheilung, besonders jener Wiedererzeugung der + E., darzustellen, ist der Elektrophor oder Elektricitätträger. Er ward von Wilke 1762 zuerst erfunden, aber von Volta 1775 mehr ausgebildet und benannt. Dem Erfolge nach ist er einer umgekehrten Kleistschen Flasche zu vergleichen. Die wesentlichen Stücke seiner Zusammensetzung sind die Form, der Kuchen und der Deckel, welche Fig. 123 darstellt.

§. 6. Die Form abcd ist ein Teller von Eisenblech, allenfalls von Pappe und mit Stanniol überzogen, dessen Rand einen halben Zoll hoch emporsteht. Ihre Grundfläche ist gewöhnlich ein Quadrat, besser aber ein Kreis, von 12 — 20 Zoll Durchmesser. Die Form darf nicht isolirt seyn, da sie als äußere Belegung dient. Im Gegentheil ist es vortheilhaft sie durch Ketten mit dem Erdboden in leitende Verbindung zu setzen, zu welchem Zwecke außen einen Ring angesetzt wird.

§. 7. Der innere Raum der Form wird ganz vom Kuchen ef ausgefüllt, einer gegossenen Harzscheibe, deren Masse man aus $\frac{2}{3}$ Geigenharz, $\frac{1}{3}$ Schellack, $\frac{1}{3}$ Mastix und $\frac{1}{3}$ venetianischem Terpentin zusammensetzt, oder auch aus 10 Theilen feines Siegellacks mit 1 Theil Terpentin. Die Harzfläche muß möglichst glatt und ohne Blasen seyn. Das zu bewirken, überfährt man sie nach dem Gusse mit einem heißen Bügeleisen, ohne sie zu berühren. Sie darf keinen Riß haben. Wenn dergleichen entstehen, setzt man die Form auf einen heißen Stein, damit die Fugen sich wieder verbinden.

§. 8. Der Deckel gh ist eine kreisrunde Platte von Zinn oder eine mit Stanniol überzogene Pappscheibe. Wenn er auf dem Kuchen liegt, muß er von jedem Rande zwei Zoll weit entfernt seyn, wonach seine Größe zu bestimmen ist. Er wird an

Digitized by Google

drei in i vereinigten seidenen Schnuren aufgehoben, in welchem Falle er die Stelle des Vertheilers §. 2 vertritt.

§. 9. Außer jenen drei Haupttheilen gehört noch zur Vorrichtung ein Fuchsschwanz oder Katzenfell, womit man den Kuchen nach Abhebung des Deckels 30 — 40 mal hin und her peitscht. Dabei wird die Harzfläche negativ elektrisch, der Pelz aber positiv. Ob der Kuchen genugsam geladen sey, erkennt man daran, daß beim Peitschen hörbare Funken von der Form nach dem Pelze überschlagen. Die Erregung wird sehr befördert, wenn man den Kuchen zuvor erwärmt, im Winter am Ofen, im Sommer durch Sonnenschein oder einen warmen Stein.

§. 10. Wenn man den Deckel auf den geriebenen Kuchen herabläßt, so behält die bedeckte Harzfläche ihre negative Elektricität wol jahrlang unvermindert. Sie haftet zwischen Deckel und Kuchen, aber unthätig. Hebt man den Deckel isolirt an seinen Schnuren auf, so hat er nur neutrale Elektricität an sich, und die Berührung des so gehobenen Deckels hat keinen merklichen Erfolg.

§. 11. Wenn man dagegen den Deckel, indem er auf dem geriebenen Kuchen liegt, mit einem Finger berührt (und dadurch die negative Elektricität der oberen Deckelfläche ableitet), nach dieser Berührung aber mit der Schnur aufhebt, so ladet er sich außerhalb der Schlagweite durch Vertheilung mit positiver Elektricität. Nähert man nunmehr seinem Rande den Knöchel eines Fingers oder eine Metallkugel, so giebt er einen Funken wie der geladene Sammler der Elektrisirmaschine.

§. 12. Derselbe Versuch kann täglich mehrmals wiederholt werden, und dennoch ist der Erfolg Monate hindurch derselbe, wenn nur der Kuchen nach Ausziehung des Funkens sogleich wieder mit dem Teller bedeckt wird; denn in dieser Bedeckung stellt sich das vorige Verhältniß wieder her, indem das, was man durch Berührung der negativen Elektricität entnahm, von der Form wieder zugeleitet wird.

Digitized by Google

§. 13. Die Stärke des Funkens richtet sich zwar nach Größe des Elektrophors, oder vielmehr nach der Größe der vom Deckel bedeckten Harzfläche; doch wächst sie nicht in demselben Verhältniß, wenn nicht die Metallmasse des Deckels ebenmäßig vergrößert wird. Geschieht das aber, so wird die Handhabung durch dessen Gewicht unbequem. Lichtenbergs großer Elektrophor hatte in der Form 7 Fuß Durchmesser, und im Deckel 6 Fuß; dieser wog aber 76 Pfund.

§. 14. Man kann die Wirkung des Elektrophors durch die Kleistsche Flasche verstärken, so daß er bei 1½ Fuß Durchmesser eben so starke Funken giebt als ein anderer von 3 Fuß. Zu diesem Ende ladet man die Flasche wie gewöhnlich, faßt sie an der äußeren Belegung und setzt sie auf dem geriebenen Kuchen nieder. Nun faßt man die Schlagkugel (g Fig 118) mit der Hand, ohne die äußere Belegung zu berühren, hebt so die Flasche auf und führt sie dicht über dem Kuchen umher. Dabei entweicht die positive Elektricität der inneren Belegung in die Hand und die negative der äußeren Belegung haftet dann an dem Kuchen. Diese Verstärkung dauert aber nur wenige Tage und ist ohne bedeutenden Nutzen.

§. 15. Wichtiger in technischer Beziehung ist eine Erfindung (Fürstenbergers?), nach welcher man das §. 11 besagte Berühren vor Aufhebung des Deckels ersparen kann. Wenn man nämlich einen breiten Stanniolstreifen an der Form befestiget und über den geriebenen Kuchen schlägt, so daß er bis unter den Deckel hinreicht, wie c Fig. 124, so dient derselbe beim Abheben des Deckels zur Ableitung der — E. aus demselben und vertritt die Stelle der Berührung. Läßt man den aufgehobenen Deckel nieder, ohne zuvor den Funken auszuziehen, so schlägt dieser nach dem Stanniol über, sobald der Deckel die Schlagweite erreicht.

§. 16. Beim Abheben und Aufsetzen des Deckels ist daran gelegen, daß er nicht schwanke, wodurch der Kuchen leicht verletzt werden kann, sondern mit seiner ganzen Fläche auf einmal anschließe.

Digitized by Google

Diesem Bedürfniß hat man durch den isolirenden Halter abgeholfen, den fg Fig. 124 darstellt. Er besteht aus einer Stange von Glas, welche in f an dem Deckel befestiget, in g aber mit einem auf die Form gesetzten Gewerbe drehbar ist. Größeren Elektrophoren giebt man zwei starke Glasstangen zum Halter. Sie gewähren zugleich den mechanischen Vortheil, daß sie die Aufhebung des Deckels mit der Schnur als Hebel erleichtern.

§. 17. Die so lange anhaltende Wirkung des Elektrophors, verbunden mit der Erfahrung, daß der schwache Funke des kleinsten sogar hinreichend ist strömendes Wasserstoffgas zu entzünden, hat neuerlich dem Elektrophor außer seinem wissenschaftlichen Werthe auch technische Wichtigkeit verschafft, indem Fürstenberger jene Eigenschaften zur Darstellung seines elektrischen Zünders oder elektrischen Feuerzeugs benutzte, dessen Einrichtung Fig. 124 anschaulich macht.

§. 18. Die von außen sichtbaren Theile des elektrischen Zünders sind ein hölzerner Kasten AB und der darauf stehende Wasserstoffgasbehälter C. Die neuere Einrichtung des letzteren kommt mit der des Platinzünders Fig. 74 überein; nur ist hier der Zweck, das aus der Röhrenspitze n ausströmende Gas zwischen den Metalldrähten l und m durch den elektrischen Funken zu entzünden.

§. 19. Der Kasten AB schließt den geladenen Elektrophor ab in sich, welcher mit einem Ableiter (vgl. §. 15) und isolirenden Halter (§. 16) versehen ist. Die Deckplatte hat zwei Oeffnungen. Durch eine derselben geht die Seidenschnur hr, welche zur Aufhebung des Deckels dient. In die andere ist eine Glasröhre k eingekittet und durch diese ein Messingdraht il gesteckt, welcher oben in l spitz ausläuft, unten aber die Metallkugel i trägt.

§. 20. Von dem metallenen Halse p des Gasbehälters aus ist eine gekrümmte Metallspitze m gegen die Drahtspitze l hin geleitet. Die Gasröhre n wird geöffnet, wenn man das Gewerbe o durch den Drücker s umdreht. Mit ihm zugleich dreht sich der

Digitized by Google

Hebelarm r, welcher mittelst der Seidenschnur den Deckel des Elektrophors aufhebt. Sobald der Deckel mit d der Metallkugel i nah kommt, springt ein Funke nach der Kugel, schlägt im Draht hinauf und von l nach m über, wobei der Gasstrom, und durch ihn eine vorgesteckte Wachskerze angezündet wird.

§. 21. Man kann auch eine Glastafel als Elektrophor einrichten, wenn man ihre Unterfläche mit Stanniol belegt, die obere Fläche aber mit einem metallenen Deckel bedeckt. Ein solcher Glaselektrophor hat die entgegengesetzte Wirkung des gemeinen. Streicht man die Glastafel mit einem Katzenfell, so erhält das Glas positive, das Fell aber negative Elektricität. Ein Glasspiegel und ein Teller von Zinn liefern die Hauptstücke dazu und können allenfalls statt einer Elektrisirmasche gebraucht werden.

§. 22. Die Seide bildet nach Symmer nicht selten zufällig einen Seidenelektrophor, wenn sie durch Wärme elektrisch wird. Wenn man schwarzseidene Strümpfe über weißseidene zieht und mehre Stunden trägt, dann aber zusammen vom Fuße abzieht, so finden sich beide mit Elektricität geladen, der weiße mit positiver, der schwarze mit negativer. Sie halten einander fest und bleiben in dieser Vereinigung stundenlang elektrisch. Zieht man sie auseinander, so sprühen sie Funken im Finstern. Der weiße stößt dann den weißen ab, der schwarze den schwarzen; aber der weiße wird vom schwarzen angezogen. Wirft man den weißen an die Wand, so bleibt er daran hängen, der schwarze nicht.

§. 23. Die Katze stellt einen lebendigen Elektrophor dar, indem das Haar durch innere Wärme, mehr noch durch Reiben mit der Hand positiv elektrisch wird, während im Innern des Körpers die negative Elektricität sich ansammlet. Der Rücken sprüht elektrisches Licht aus den Haarspitzen nach der Hand, vornehmlich bei kalter und trockener Witterung. Faßt man aber mit der linken Hand den Ohrzipfel und streicht den Rücken mit der rechten, so erhält man deutliche Funken und einen fühlbaren Schlag, den die Katze mit merklicher Unlust theilt.

Digitized by Google

§. 24. Aehnliche, aber weit stärkere Elektrophore finden sich unter den Wasserthieren. Die vorzugweise sogenannten elektrischen Fische besitzen in besonderen Organen die merkwürdige Kraft positive Elektricität anzuhäufen. Eine nichtleitende Schleimhaut isolirt diese Organe, wie das Glas der Kleistschen Flasche die innere Belegung. Die umgebende Wassermasse vertritt die Stelle der äußeren Belegung, als Behälter der negativen Elektricität. Die bekanntesten Thiere der Art sind: der Zitteraal, der Zitterroche, der Zitterwels, der Stachelbauch und der indische Aal.

§. 25. Ueber den Zitteraal der südamerikanischen Gewässer verdanken wir die belehrendsten Beobachtungen Herrn v. Humboldt. Es hängt ganz von der Willkür des Fisches ab, ob er sich entladen will. Außerdem geben die empfindlichsten Elektroskope keine Anzeige in seiner Nähe. Ebenso hat er es in seiner Gewalt den Schlag dahin zu richten, wo er bedroht zu seyn glaubt. Er entladet sich nicht allein bei der Berührung, sondern wirkt im Wasser auch in bedeutender Entfernung, wol 15 Fuß weit. Sein Schlag ist heftig, lähmend, sogar betäubend, aber ohne Lichterscheinung. Er wird stärker, wenn man ihn mit Metall in der Hand entlockt. Seidene Tücher und andere Nichtleiter isoliren die Hand, daß man ihn unbedenklich erfassen kann. Nach mehren Entladungen ermattet das Thier und braucht einige Zeit, um den Abgang der Elektricität zu ersetzen.

§. 26. Ueber den Zitterrochen des Mittelmeers haben die Versuche der Herren v. Humboldt und Gay Lussac nähere Kenntniß gegeben. Auch er entladet sich willkürlich; doch weicht er darin vom Zitteraal ab, daß er nur in unmittelbarer Berührung Schläge versetzen kann, nicht einmal durch Leiter hindurch wirkt. Liegt der Fisch auf einer Schüssel von Metall und man berührt diese mit der einen, mit der anderen Hand das elektrische Organ des Fisches, so hat diese Schließung der Kette heftigere Erschütterung zur Folge.

Digitized by Google

XXVIII. Atmosphärische Elektricität.

§. 1. Die atmosphärische Luft gehört zu den Nichtleitern, wenn sie trocken ist, zu den Leitern, wenn sie feucht ist; sie wird also, nach der Analogie zu schließen, im ersteren Falle als Erreger wirken, im letzteren von außen her elektrisirt werden können. Daß Elektricität in der Luft vorkomme, und zwar beide Elektricitäten darin abwechselnd vorgefunden werden, setzen die Beobachtungen der Physiker, welche mit den empfindlichsten Elektroskopen angestellt wurden, außer Zweifel. Vor Andern hat Beccaria über diese Luftelektricität zahlreiche Versuche angestellt. Bei hellem Himmel und trockener Witterung fand er sie bei Tage und bei Nacht positiv, im Gegentheile bei trübem Himmel und Regenwetter negativ, bei veränderlicher Witterung aber neutral oder unentschieden.

§. 2. Ein einfaches Werkzeug, die Abwechselungen der elektrischen Beschaffenheit der Luft zu beobachten, haben wir an dem Prognostikon von Caronte, welches auch chemisches Wetterglas genannt wird. Ein dünnes, oben und unten abgerundetes Cylinderglas A Fig. 125 füllt man bis zum Halse mit einem Gemenge von Branntwein, Kampher, Salpeter und Salmiak. Der Branntwein muß gleiche Theile Weingeist und Wasser enthalten, nach Richter 50, nach Tralles 64 Grad zeigen. Durch abgeänderte Versuche habe ich folgendes Verhältniß der Mischung als das beste befunden. Zu 3 Unzen Branntwein 1 Drachme Kampher, ½ Drachme Salpeter und ½ Drachme Salmiak. Man schließt den Hals mit Kork und Blase, befestiget eine Seidenschnur daran und hängt das Gefäß an Holz auf, wo es nie vom Sonnenschein getroffen wird.

§. 3. Unter den angegebenen Umständen beobachtet man folgende Veränderungen am Prognostikon. Im Sommer vermindert sich am Tage der Bodensatz nach dem Grade der Wärme; aber bei nächtlicher Abkühlung vermehrt er sich wieder durch

Digitized by Google

Niederschläge, besonders zwischen Mitternacht und Sonnenaufgang. Die Menge der Niederschläge ist von der Abkühlung abhängig, ihre Form aber sehr veränderlich, und diese steht offenbar mit der Luftelektricität im Zusammenhange. Bei feuchtem Wetter entstehen übereilte Niederschläge in formlosen Flocken und verdichten sich wie Wolken. Fängt der Himmel an sich aufzuklären, so bilden sich Sternkrystalle wie Schnee und gruppiren sich am Boden B wie Gesträuch. Bei heiterem Wetter und trockener Luft entstehen oben in C federförmige Krystalle, kehren sinkend sich um und setzen sich unten wie Fichtenwaldung an.

§. 4. Hinsichtlich der sicheren Beurtheilung der Witterung nach der Beobachtung des Prognostikons verdient es gewiß dem Barometer und dem Hygrometer an die Seite gesetzt zu werden. Die Witterung desselben Tages entspricht regelmäßig der vor Sonnenaufgang beobachteten Form der Niederschläge, so lange das Thermometer über 15° R. spielt. Auch außergewöhnliche Veränderungen werden deutlich angezeigt. Meistens sind die Federkrystalle nur einen halben Zoll lang; wenn sie aber die doppelte oder dreifache Länge erreichen, so folgen gewiß Gewitter gegen Abend. Auffallend ist eine totale Revolution im Glase, welche 20 — 24 Stunden vor Stürmen sich zeigt. Der Bodensatz wird von Weingeistdämpfen blasig, steigt in ganzer Masse bis zum Halse empor, kehrt sich um und sinkt nach Lösung der Blasen zurück.

§. 5. Zu einer genügenden Erklärung ist die Sache noch nicht reif. Das Flüssige enthält gleiche Theile von einem Leiter und einem Nichtleiter, ebenso auch das Feste. Auf einer Seite scheint die Verwandschaft der Leiter (der Salze zum Wasser) zu wirken, welche nach XXV, 35 durch die positive Elektricität begünstiget wird, auf der andern die Verwandschaft der Nichtleiter (Weingeist und Kampher) welche vielleicht durch die negative befördert wird. Hängt das Glas an einem Orte, wo es vom Sonnenschein getroffen wird, so scheidet sich der Inhalt nach

Digitized by Google

und nach in zwei Schichten. Oben sammlet sich Kampherspiritus und unten wässrige Salzlösung. Durch Umschütteln werden beide wieder gleichförmig vereiniget und zeigen dann im Schatten dieselben täglichen Veränderungen wie vor der Besonnung; aber so lange die Scheidung besteht, ist gar keine Aenderung zu bemerken.

§. 6. Zu dem, was Elektroskop und Prognostikon über die Luftelektricität aussagen, kommt noch das Gefühl, welches empfindliche Sinne von der Luftbeschaffenheit annehmen. Bei heiterem Wetter fühlt man sich leichter, zur Thätigkeit aufgelegt, bei feuchter Witterung abgespannt. Personen von reizbaren Nerven äußern beides deutlicher in Wetterlaunen. Im Vorgefühl der Gewitter wird ihnen jene Unlust zur Unruhe, zur Angst gesteigert. Verwundete sind dem Eindruck der elektrischen Veränderungen ganz preisgegeben. In Narben empfindet man ein schmerzhaftes Ziehen. Die thierischen Wetterpropheten werden uns durch Wetterlaunen nützlich.

§. 7. Die Entstehung der Luftelektricität ist noch nicht ganz enthüllt. Wahrscheinlich giebt Erwärmung einer trocknen Luftschicht durch zurückgeworfene Sonnenstrahlen die erste Veranlassung, Reibung der durch Wärme ausgedehnten und in Bewegung gesetzten Luft aber die zweite, wirksamere. Mehr als beide scheint die elektrische Vertheilung beizutragen. Eine trockne, erwärmte und bewegte Luftschicht, über Dünsten schwebend, wird in diesen die negative Elektricität frei machen, wenn sie selbst positiv elektrisch ist, in der untersten Schicht aber die gleichnamige erwecken. In anderen Fällen kann die Luft durch Mittheilung vom Erdball aus elektrisch werden. Ein Beispiel davon giebt der Samum oder Samiel der afrikanischen und arabischen Wüsten, ein Luftstrom, der vom heißen Sande mit Elektricität überladen, fußhoch über dem Erdboden hingleitet.

§. 8. Die von der Erde aufsteigenden Dünste bleiben so lange in Luft aufgelöst, als die zur Verdunstung verwendete positive Elektricität ihnen beiwohnt, werden aber zu Nebel und

Digitized by Google

Wolken, wenn sie durch Vertheilung abgeschiedne negative in sich aufnehmen und dadurch in den unelektrischen Zustand zurückkehren. Neutralisiren beide Elektricitäten einander vollständig, so wird Regen die Folge seyn. An Waldgebirgen wird den Wolken aus zahllosen Spitzen — E. zugeleitet, in welchem Falle sie ihr Wasser in Quellen absetzen.

§. 9. Wenn dagegen Wolkenzüge an elektrischen Luftschichten hinstreichen, nehmen sie als Leiter deren positive Elektricität in sich und werden ohne Entladung des Wassers in der Höhe fortgeführt. Außerdem würden die der heißen Zone entsteigenden Dünste schwerlich über die Wendekreise hinaus gelangen; aber was ihnen hier durch Vertheilung entgeht, wird dort durch Mittheilung ersetzt. Reicht der Ersatz zur Sättigung hin, so wird die Wolke in den Zustand vollkommenen Wasserdunstes zurückgeführt und verschwindet. Dadurch erklärt sich die Erscheinung, daß bei heiterem Himmel gesondertes Gewölk sichtbar an Umfang abnimmt, so wie es im entgegengesetzten Falle zunimmt.

§. 10. Denken wir uns Wolkenmassen als leicht bewegliche Leiter von elektrischen Luftschichten angezogen, so bedarf es keiner anderen Ursach um ihre strömende Bewegung zu erklären. Da aber diese Anziehung fortwirkt, wird sie, wie beim Fall die Schwere, Beschleunigung hervorbringen und den Wolkenzügen eine große Geschwindigkeit ertheilen. Es ist erklärbar, daß auf diese Weise über weit ausgebreiteten elektrischen Luftmassen sich Stürme bilden, welche in der Sekunde 100 — 150 Fuß zurücklegen und auf 1 Quadratfuß Fläche mit einer Kraft von 30 — 50 Pfund drücken. Viele Erfahrungen der Schiffer beglaubigen die elektrische Natur der Stürme, vornehmlich der Wirbelwinde und Wasserhosen. Auch die Anzeigen am Prognostikon (§. 4) deuten darauf hin.

§. 11. Wenn im gewöhnlicheren Falle eine durch elektrische Luftschichten positiv geladene Wolke über einer Luftschicht anlangt, welche ihre Elektricität an frühere Wolkenzüge schon abgegeben

Digitized by Google

hat, so wird ihre Bewegung nicht weiter beschleuniget, und dann entsteht eine Wetterwolke, das heißt im Großen dasselbe Verhältniß, welches im Kleinen die Kleistsche Flasche darbietet. Die positiv geladene Wolke ist der inneren Belegung zu vergleichen, die trockene Luftschicht der Glaswand, das unter ihr schwimmende, durch Vertheilung negativ elektrisch werdende Gewölk aber der äußeren Belegung. Eine solche Wetterwolke kann stark geladen seyn und doch weithin gleiten, ohne sich zu entladen, wenn zur Schließung der elektrischen Kette sich keine Gelegenheit darbietet.

§. 12. Wenn aber die mittlere, beide Elektricitäten isolirende trockne Luftschicht zufällig unterbrochen wird, so daß einzelne Massen der positiv elektrischen Wolke dem negativ elektrischen Gewölk bis zur Schlagweite nah kommen, so entladen sich beide gegenseitig. Die Erschütterung des Schlages veranlaßt anderwärts ähnliche Unterbrechungen der Mittelschicht, und die dadurch nach und nach erfolgende Selbstentladung wird im Ganzen ein Gewitter genannt. Beiderlei Wolken werden durch die örtlichen Entladungen in den unelektrischen (neutralen) Zustand versetzt und bilden, vermengt mit der zerrissenen Mittelschicht, gebrochene Regenwolken, die gewöhnlich den Ueberrest entladener Gewitter ausmachen.

§. 13. Diese Ansicht wird durch die Gestalt der Gewitter beglaubiget, welche deutlich in die Augen fällt, wenn man sie oft von ihrem ersten Erscheinen bis zum Abzuge beobachtet. Man wird dann finden, daß sie im Ganzen immer der Fig. 126 entsprechen. Voran geht der Kranz a, bestehend in krausem Gewölk, welches oft nur 400 Fuß hoch über dem Erdboden wirbelt und nicht selten die Spitzen der Thürme erreicht. Ueber dem Kranze (und der Mittelschicht) schwebt 5 — 600 Fuß hoch der Teller b, eine (durch positive Ladung) in einander zerflossene graue Wolkenschicht, welche nicht regnet. Ihr folgt aber ein Schweif c von streifigen Regenwolken, welcher augenscheinlich nur hinten nach gezogen wird.

Digitized by Google

§. 14. Wenn beide Elektricitäten im Kranze zusammenschlagen, so entsteht der Blitz, ein elektrischer Riesenfunke, wofür ihn zuerst Winkler 1746 erkannte, wiewol der praktische Beweis später geführt ward. Von einem günstigen Standpunkt aus gesehen erscheint er doppelt, indem aus Teller und Kranz Strahlen zusammenschlagen. Wenn die aus dem Teller überschlagende positive Elektricität durch die negative der zuerst getroffenen Wolke nicht gesättiget wird, so schlägt der Ueberschuß weiter nach einer zweiten, dritten u. s. w., bis der positive Rest sich erschöpft. Dieses Weiterschlagen zeigt sich im Zickzack der Bahn des Blitzes, wie im Kleinen an der stellenweise belegten Blitztafel.

§. 15. Die durch den Blitz entstehende Lufterschütterung erzeugt den Donner. Kein Blitz ist ohne Donner; aber das sogenannte Wetterleuchten rührt von Blitzen her, die so entfernt im Widerschein gesehen werden, daß der Donner unter Weges verhallt. Einfache Blitze erzeugen nur einen einfachen Schlag; wenn aber der Blitz von Gewölk zu Gewölk weiter schlägt, ist jeder Arm des Zickzacks ein besonderer Blitz und sein Schlag wird in knackerndem Getöse besonders gehört, wenigstens in der Nähe. Das Rollen ferner Donnerschläge wird theils durch die Fortpflanzung des Schalls in ungleich dichten Luftschichten, theils durch den Wiederhall hervorgebracht.

§. 16. Wenn die vom Blitz getroffene negativ elektrische Wolke einen beträchtlichen Ueberschuß an positiver Elektricität übrig läßt und keine zweite negativ geladene in der Schlagweite vorhanden ist, unter jener aber leitende Dünste aufsteigen, so fährt der Blitz zum Erdboden herab, welches man das Einschlagen nennt. Es ist ein Weiterschlagen bis zur Sättigung mit der negativen Ladung des Erdbodens; aber oft erreicht der Blitz den Erdboden nicht, wenn er durch nähere Leiter, als: Metall, Gebäude, Bäume, Menschen oder Thiere neutralisirt wird.

§. 17. Wenn die Kranzwolken mit irdischen Gegenständen in ununterbrochener Zuleitung stehen, beobachtet man, daß die

Digitized by Google

negative Elektricität der positiven von unten entgegenkommt und sich bei Nacht in einer ganz ähnlichen, nur vergrößerten Lichterscheinung zeigt, wie an der dem geladenen Sammler dargebotenen Metallspitze. Vgl. XXVI, 10. Am häufigsten findet das auf der See statt, deren Verdunstung die Zuleitung in der Regel herstellt. Die negative Elektricität bildet an der Spitze der Masten kugelförmige Lichtmassen, welche die Schiffer der Alten Kastor und Pollux nannten, wenn ihrer zwei gesehen wurden, oder Helenenfeuer bei einfacher Erscheinung. Die christlichen Matrosen haben letztere St. Elmsfeuer getauft. Auf dem Lande bemerkt man dieses Licht zuweilen an Thurmspitzen und Wetterfahnen, am Scheitel erhitzter Wanderer und an den Mähnen dampfender Pferde.

§. 18. Eine andere hierher gehörige Erscheinung ist die der Wetterbälle in Gebäuden. Wenn unter Kirchen und Wohnungen die negative Elektricität sehr angehäuft, die Zuleitung aber durch Nichtleiter unterbrochen ist, zwischen welchen jene sich durchdrängen muß, so erscheint sie in Form eines blauen Feuerballes, quillt aus engen Oeffnungen, rollt über gedieltem Fußboden hin, unter den Füßen weg, durch offene Thüren und Fenster, steigt an Wänden hinauf und verschwindet endlich in dem einschlagenden Blitze.

§. 19. Die Wirkungen des einschlagenden Blitzes entsprechen durchaus denen des Funkens der elektrischen Batterie, nur in ungeheurer Verstärkung. Wenn der künstliche Funke die umgebende Luft kaum merklich erschüttert, so übt dagegen der Blitz einen mächtigen Druck auf die Umgebung aus, vermöge dessen er bewegliche Körper weit wegschleudert und in verschlossenen Räumen Menschen und Thiere erstickt, ohne sie unmittelbar zu treffen. In solchen Fällen sind die gewöhnlichen Rettungmittel für Erstickte mit Erfolg anzuwenden, vor allem muß aber Verbindung mit der freien Luft hergestellt werden.

§. 20. Feste Körper werden durch den Blitzstrahl oft zerrissen. Er spaltet Bäume zuweilen bis auf die Wurzel. Auf

Digitized by Google

diese Weise kamen vordem wol Streitärte von Kieselschiefer zum Vorschein, welche die Germanen zur Bestielung an junge Eichen gehängt, aber vergessen hatten. Dessen unkundige Förster hielten sie für „Donnerkeile". Nicht selten hat der Blitz Thürme zerschmettert und Ruinen vollends abgeworfen. Da, wo der Blitz in lockeren Erdboden schlägt, beobachtet man oft, daß der Gegenstrom der negativen Elektricität die Erde in Haufen aufwirft, auch wol Steine, die darin lagen, hoch in die Höhe treibt. Auf ähnliche Weise ward in Gebirgen der Kern reicher Erzadern entblößt und zum Bergbau Veranlassung gegeben.

§. 21. Oft werden feste Körper durch den Blitz zum Schmelzen gebracht, mehrentheils da, wo eine Reihe von Leitern durch Nichtleiter unterbrochen ist, welche den Strahl zwar hemmen, aber nicht zurückweisen können. Die Massen, welche der Blitz von Glocken und Eisenwerk abgeschmolzen, zeugen von hoher Glut, während unmittelbar daranstoßendes Holzwerk kaum versengt erscheint. Man hat Beispiele, daß Degen in der Scheide vom Blitz geschmolzen worden sind, ohne daß die Scheide verletzt worden wäre. Blitze die in Sandberge schlagen, erzeugen darin durch Schmelzung Blitzröhren, d. h. baumförmig in die Tiefe verästelte Glasröhren. Zuweilen durchbohrte der Blitz auch, in in Grabgewölbe schlagend, fußdicke Steinplatten, zollweite Röhren ausschmelzend, ohne den Stein zu sprengen.

§. 22. Brennbare Körper werden durch den Blitz zur Entzündung gebracht. Unedle Metalle, die den Blitz als gute Leiter anziehen, werden am leichtesten verbrannt. Halbleiter, als trockenes Holz, Heu, Stroh und dgl., entflammt der Blitz nicht leicht, wenn nicht Metall daneben ihn festhält, so wie der künstliche Funke Schießpulver nur in Vermischung mit Eisenfeile zündet. Nichtleiter, auch leicht verbrennliche, fangen an sich vom Blitze nicht Feuer, wol aber, wenn sie als Erreger negativ elektrisch werden. Daher werden Pulvermühlen von überhin ziehenden Gewittern leicht getroffen, wenn sie eben im Gange

Digitized by Google

sind und der Pulversatz trocken genug ist, daß seiner Staub von ihm sich in die Luft erhebt.

§. 23. Die zündende Kraft des Blitzes hängt übrigens von der Stärke der positiven Elektricität ab, welche im Weiterschlagen des Blitzes eben noch frei ist. Die allermeisten Blitze *verblitzen* sich in der Luft, d. h. ihre positive Elektricität erschöpft sich, ehe sie den Boden erreicht. Ist der Rest beim Einschlagen nur gering, so entstehen *taube* oder *kalte* Schläge, welche nicht zünden, wenn sie gleich Balken zersplittern. Zuweilen folgen zwei Schläge auf einander, und wenn der erste gezündet hat, löscht der zweite den Brand durch den gewaltigen Luftdruck. Der gelbe Beschlag, den man in solchen Fällen nachher findet und für Schwefel hält, dürfte schwerlich vom Blitze abgesetzt, sondern durch Entmischung des Holzes ausgeschieden seyn.

§. 24. *Bäume* werden leicht getroffen, wenn ihre Gipfel dem negativ elektrischen Untergewölk bis zur Schlagweite nah kommen. Der Blitz folgt beim Durchschlagen gern dem saftigeren Splint, bis Astwurzeln ihn hemmen und Spaltung veranlassen. Nur abgestorbene Bäume verbrennen in der Regel; denn in saftigen zerstreut sich die positive Elektricität durch alle Zweige und Blätter, und ihr Ueberschuß wird meistens zur Verdunstung der äußeren Nässe verwendet, weshalb man solche Bäume nach dem Einschlagen ungeachtet des zuvor gefallenen Regens trocken findet.

§. 25. Der Blitz trifft *Thiere* vornehmlich dann, wenn sie stark ausdünsten und negativ elektrische Dampfsäulen sich über ihnen erheben. Vor andern sind scharf angetriebene Pferde der Gefahr ausgesetzt. Weidendes Vieh zieht den Blitz mehr an, wenn es bangend sich in dichte Massen zusammendrängt. Ganze Herden tödet dann ein einziger Blitz durch Weiterschlagen von Stück zu Stück. Zuweilen erschöpft sich der Strahl, und dann werden nicht alle erschlagen, die getroffen werden. In den erschlagenen findet man das Blut zersetzt. Die Wolle der Schafe

Digitized by Google

ist stellenweise versengt. Merkwürdig ist auch, daß die Knochen der getödeten Thiere oft wie zu Mehl zermalmt erscheinen.

§. 26. Bei vom Blitz erschlagenen Menschen sind gewöhnlich alle Rettungversuche vergeblich. Die in Masse durch den Körper schlagenden Elektricitäten zerstören das Nervensystem und heben die erste Bedingung des Lebens auf. Das Blut gerinnt in den Adern. Man erkennt gewöhnlich den Gang, welchen der Strahl genommen, an violblauen Streifen in der Haut. In manchen Fällen wurden einzelne Knochen zersplittert. Nur selten findet sich die Kleidung zerfetzt, wenn sie etwa durch Reibung elektrisch geworden war.

§. 27. Die Gefahr im Freien vom Blitze getroffen zu werden wird vergrößert: durch hohen Standort, durch Aufrechtstehen, durch Erhitzung von banger Eile, durch Metall, welches man bei sich trägt, durch Bäume, unter denen man Schutz sucht, durch Zusammentreten mehrer Menschen, durch die Nähe dampfender Pferde, durch sich anschmiegende Hunde, durch nahe Gewässer, durch nasse Kleidung, endlich durch nahe aufsteigenden Rauch. Aus diesen Umständen sind leicht Regeln abzuziehen, wonicht zur Entfernung, doch zur Verminderung der Gefahr.

§. 28. Die Gefahr in Häusern vom Blitz getroffen zu werden wird vergrößert: durch den Aufenthalt in oberen Stockwerken, durch nahe Mauern, durch angehäuftes Metall, durch nahe Drahtleitungen, durch nahe Dachrinnen, durch metallene Oefen, durch Zusammendrängen vieler Personen in engen Zimmern, durch benachbarte Viehställe, durch Luftzug von Essen, geöffneten Thüren und Fenstern und durch Dunströhren in der Decke. Mit Berücksichtigung dieser Umstände wählt man den Standort zur Abwartung des Gewitters gern in der Mitte geräumiger Zimmer des Erdstocks.

§. 29. Völlige Sicherheit vor dem Blitze würde durch isolirte Zimmer erlangt werden, deren Einrichtung folgende seyn könnte. Ein Saal im Erdstock, ohne Oefen, entfernt von Dachrinnen

Digitized by Google

(und Blitzableitern) wird so ausgebauet, daß Wände, Thüren und Fenster ohne alles Metall sind. Wände, Fußboden und Decke werden mit gedörrtem Holz ausgekleidet, über demselben aber mit seidenen Tapeten und Teppichen bezogen. Innerhalb der Glasfenster und Thüren werden Rahmen, mit Seidenzeug überspannt, in die Verkleidung eingesetzt. Zur Wegnahme der Ausdünstung wird fester salzsaurer Kalk in Glasurnen aufgestellt, welche nur beim Gebrauch des Gemachs geöffnet werden.

§. 30. Auf Winklers Erklärung, daß der Blitz ein elektrischer Funke sey, baute Franklin die Idee, ihm durch Metall eine ungefährliche Bahn anzuweisen, und so entstand sein Blitzableiter 1752. Viele Millionen wurden seitdem an und in Gebäuden erhalten, die außerdem das Feuer verzehrt haben würde. Das Wesentliche desselben besteht in einer ununterbrochenen, aber vom Hause isolirten Metallführung vom Gipfel des Gebäudes bis zum Erdboden, welche bewirken soll, daß die niederschlagende positive Elektricität des Blitzes die zu ihrer Sättigung erforderliche negative Elektricität nicht im Gebäude, sondern im Erdboden selbst aufsuche. Richtig angelegt, zieht er den Blitz nicht herab, wie Manche besorgen, macht aber denjenigen unschädlich, welcher ohnedies treffen würde. Von den verschiedenen bis jetzt bekannten Einrichtungen desselben sind folgende die wichtigsten.

§. 31. Den ersten Franklinschen Stangenableiter stellt Fig. 127 dar. Auf dem Forst des Gebäudes sind an beiden Enden in a und b Eisenstangen senkrecht eingesetzt, so daß sie von einem isolirenden Kitte aus Pech, Asche und Leinölfirniß im Holze festgehalten werden. Sie erheben sich nur zwei Fuß hoch über das Dach; denn längere würden freilich den Blitz herausfordern. Ganz oben theilen sie sich in Spitzenkreuze d und e. Die Spitzen werden des Rostens wegen verkupfert, verzinnt, vergoldet oder platinirt. In 1 Fuß Höhe sind die Stangen durch Eisendraht von der Dicke eines Federkiels verbunden. Dieser Draht wird an der Hintermauer des Gebäudes über nicht ableitende

Digitized by Google

Stützen c herabgeleitet bis zum Erdboden. Es ist nicht nöthig ihn in einen Brunnen zu führen; doch leitet man ihn gern von der Grundmauer des Gebäudes ab in feuchten Boden. Hier greift er in eine starke Eisenstange f, welche sich in mehre Spitzen theilen kann und stark verzinnt wird.

§. 32. Einfacher sind die Kettenableiter, welche man besonders auf Schiffen gebracht. Sie bestehen aus Eisendraht oder Kupferdraht von der Stärke eines Federkiels. Die Glieder der Kette sind ellenlang, und alle Ringe gelöthet. Man hängt die Kette bei nahenden Gewittern an die metallbeschlagene Spitze des großen Mastes und läßt sie über Bord in die See herabhängen. In b darf kein Metall nahe seyn. Das Ende c kann 15 — 20 Fuß unter Wasser gehen und muß stark verzinnt werden. Bei heiterem Himmel wird die Kette abgenommen. Aehnliche Kettenableiter dienen zur Sicherung der Gartenhäuser. Bei nahender Gefahr richtet man 25 Schritt weit vom Gartenhause eine Stange auf, welche 10 — 12 Fuß höher ist als das Dach. An die mit Eisen beschlagene Spitze hängt man die Kette, und an diese eine in die Erde gestoßene Eisenstange.

§. 33. In neueren Zeiten sind Plattenableiter zu beständigem Schutze der Gebäude mehr in Gebrauch gekommen. Einen solchen stellt Fig. 129 vor. Man belegt die obere Dachkante a b an beiden Seiten des Daches, wie auch um die Schornsteine c her, mit Bleiplatten von drei Zoll Breite und ¼ Zoll Dicke, welche durbohrt und mit in Leinöl getränkten hölzernen Zapfen angeschlagen werden. Dieselbe Leitung wird an einer Ecke der Hinterseite über d herabgeführt und zu einer Bleistange verdickt, welche 3 — 5 Fuß tief in den Erdboden e hinabgeht. Mit Blei, Zink oder Kupfer gedeckte Gebäude bedürfen der oberen Vorrichtung in a b nicht; aber desto nothwendiger ist es an mehren Ecken die Leitung bis zum Erdboden herabzuführen, weil sie außerdem täglich in Gefahr stehen zertrümmert zu werden.

Digitized by Google

§. 34. Wolfeiler und eben so wirksam sind die 1800 von Nikolai angegebenen Blechableiter. Drei Zoll breite Streifen von Weißblech werden zum Anschlagen mit Löchern versehen und dann nochmals verzinnt, um die ganze Fläche, vornehmlich die Ränder und Löcher, vor dem Rosten zu bewahren. Sie werden wie Dachrinnen zusammengelöthet, dann aber in derselben Form wie Bleiplatten mit geölten Zapfen angeschlagen. Da, wo die Leitung in den Erdboden geht, setzt man verzinnte Eisenstangen an, wie f Fig. 127. Dachrinnen, welche das Regenwasser in Röhren herabführen, können zugleich als Blechableiter benutzt werden, wenn das untere Ende der Röhre durch eine Eisenstange mit dem Erdboden in Verbindung gesetzt wird. Wo das aber nicht geschieht, vermehren sie die Gefahr, indem der Blitz dann leicht zum Erdstock überspringt.

§. 35. Außerdem hat man auch Mittel gesucht die Felder vor Hagelschlag zu bewahren, welcher nur zu oft starke Gewitter begleitet. Der Hagel entsteht nur in dem Gewölk, welches tief unter dem Teller gebrochen und unstet herumirrt. Die Bildung desselben kündiget sich einige Zeit vor dem Herabfallen durch ein deutliches Gerassel an. Wahrscheinlich hat die heftige Zusammendrückung der Luft durch Blitze, und die darauf folgende Wiederausdehnung derselben großen Antheil an seiner Entstehung. Vgl. XVII, 8. Sie zu verhüten, müßte man demnach den Blitz von jenem Untergewölk ableiten. Das würde allerdings der Fall seyn, wenn eine negativ elektrische Dampfsäule die positive Elektricität mit dem Erdboden in ununterbrochene Zuleitung brächte; denn dadurch müßte das Weiterschlagen des Blitzes von Gewölk zu Gewölk vermieden werden. Volta empfahl zu dem Ende auf den umliegenden Hügeln Schmauchfeuer von Nadelholz anzuzünden. Im südlichen Frankreich versuchte der Marquis von Chevriers auf seinen Gütern denselben Zweck durch Pulverdampf zu erreichen, und das mit glücklichem Erfolge. Beim Herannahen der leicht zu erkennenden Hagelwetter ließ er Böller

abfeuern, die jedesmal mit 1 Pfund Pulver geladen wurden. Viele Gemeinden haben sein Verfahren nachgeahmt und seit 1790 beibehalten, ohne die Kosten des Pulververbrauchs zu scheuen, weil die Erfahrung zeigte, daß sie dabei von den Hagelschäden der Umgegend verschont blieben.

XXIX. Galvanismus.

§. 1. Außer den oben XXV, 3 — 5 angeführten Umständen, unter welchen durch Wärme, Stoß und Reibung die Elektricitäten erregt werden, hat sich den Physikern seit Kurzem eine neue Quelle derselben dargeboten, wo man sie nicht vermuthete, in Leitern nämlich. Die Bedingung ist, daß zwei Leiter verschiedener Art einander berühren. Diese Art der Erregung sammt den damit verbundenen chemischen Erscheinungen nennt man überhaupt Galvanismus. Mithin ist dieser Ausdruck nicht gleichbedeutend mit Elektricität, indem diese nur einen Theil jener Erscheinungen ausmacht.

§. 2. Die erste Beobachtung durch Berühren erregter Elektricitäten machte Galvani zu Bologna 1791 nach dem XXVI, 36 berührten Versuche, indem er den Metallreiz auf Thierkörper entdeckte. Wenn er Schenkelnerven eines abgezognen Frosches entblößte und mit einer Zinkstange berührte, die nahen Muskeln aber mit einer Silberstange, dann endlich beide Metalle oben zusammenbrachte, so gerieth der Froschkörper im Augenblicke des Zusammentreffens in heftige Zuckungen. Dieser Erfolg fand noch Stunden nach dem Tode des Thieres statt, derselbe auch an abgelösten Gliedern anderer Thiere, jedoch bei warmblütigen Thieren minder stark und lange. Erstickte und Ertrunkene zeigen noch lange nach dem Verunglücken ähnliche Reizbarkeit, nach welcher man die Möglichkeit der Rettung beurtheilen kann.

§. 3. Nachdem Galvani auf solche Weise zu einer Entdeckung die Bahn gebrochen hatte, welche man nach ihm benennt,

Digitized by Google

gingen die Physiker weiter. Eine frühere Beobachtung von Sulzer über den Metallgeschmack (1767) ward nun erst fruchtbar, indem man den Metallreiz an der Zunge prüfte. Zu diesem Zungenversuch gehören zwei gestielte Metallplatten wie ab und cd Fig. 130, die eine von Zink, die andere am besten von Silber. Man schiebt beide in den Mund, die eine über die Zunge, die andere darunter. Bringt man sodann die Stiele b und d außer dem Munde zusammen, so entsteht im Augenblicke der Berührung ein auffallender Geschmack, den Viele metallisch nennen. Eigentlich ist er ein doppelter, an der Zinkplatte säuerlich, an der Silberplatte laugenhaft stechend.

§. 4. Jene Reizung und die damit verbundenen galvanischen Wirkungen, von denen noch die Rede seyn wird, bringen außer Zink und Silber viele andere Metallpaare hervor, als z. B. Zink und Eisen, Eisen und Zinn, Zinn und Blei, Blei und Kupfer, Kupfer und Silber u. s. w. In folgender galvanischen Stufenfolge der Metalle bringt jedes einzelne Metall mit jedem der folgenden ähnliche Wirkung hervor: Zink, Eisen, Zinn, Blei, Kupfer, Silber, Gold, Platin. Jedes giebt den säuerlichen Geschmack zu dem stechenden des nachstehenden. Zink und Silber wirken aber am stärksten. Kupfer vertritt gewöhnlich die Stelle des Silbers, und zwar um so besser, wenn es versilbert wird. Außer den Metallen sind viele andere Körper fähig zur Erregung des Galvanimus, einige sogar in hohem Grade, wie z. B. Reißblei und Kole.

§. 5. Weitere Nachforschungen zeigten, daß die Zunge und der entblößte Muskel als feuchte Leiter mitwirken und durch andere feuchte Leiter der Elektricität ersetzt werden können, namentlich durch nasses Leder, Tuch oder Pappe. Wenn man mit einem solchen Leiter ein Metallplattenpaar verbindet wie beim Zungenversuch, so entsteht eine einfache galvanische Kette, dergleichen Fig. 131 vorstellt. Auf dem Holzgestell ab liegt eine versilberte Kupferplatte c, auf dieser eine etwas kleinere nasse Pappscheibe, auf

Digitized by Google

derselben aber die Zinkplatte d. Wenn man c und d zugleich mit der Zunge berührt, wird die Kette geschlossen, und sogleich entsteht der galvanische Doppelgeschmack.

§. 6. Die Wirkung der Kette wird verstärkt, wenn man den Zwischenleiter nicht mit Wasser, sondern mit einer Säure oder Salzlösung netzt. Am stärksten wirken Salpetersäure, Salzsäure und Schwefelsäure; minder stark (aber anhaltender) Lösungen von Salmiak, Kochsalz, Bittersalz oder Glaubersalz. Die mit Salpetersäure geschärfte Kette bringt Zuckungen der Lippen zuwege, wenn man d mit der befeuchteten Oberlippe, c aber mit nasser Unterlippe berührt. Auch ist dann der zwiefache Geschmack deutlicher, wenn man die Kette mit der Zunge schließt. Unter den genannten Salzen dient Salmiak am meisten zur Verstärkung und wird deshalb vorzugweise angewendet.

§. 7. Ungeachtet dieser Schärfung würden die Wirkungen der galvanischen Kette nur kleinlich geblieben seyn und nicht zur Kenntniß des Galvanismus in seinem ganzen Umfange geführt haben, wenn nicht der Physiker Volta zu Como im Jahre 1800 Mittel gefunden hätte viele Ketten so zu verbinden, daß sie mit vereinter Kraft großartig wirken. So entstand die von ihm benannte Volta'sche Säule, durch welche er in Fröschen noch 5 — 6 Stunden nach der Tödung Zuckungen hervorbrachte, während ihre Reizbarkeit für die einfache Kette längst erstorben war. Sie ward für den Galvanismus, was Kleists Flasche für die Reibelektricität ist.

§. 8. Die Einrichtung der Volta'schen Säule stellt Fig. 132 dar. Auf dem hölzernen Fuße ab stehen drei Glasstäbe cd, ef und g aufrecht, zwischen welchen man Scheiben von Metall und Pappe so einschichtet, daß von unten an Kupfer, Zink, Pappe; Kupfer, Zink, Pappe u. s. w. in 30 — 100 einfachen Ketten auf einander folgen. Die Metallplatten jeder Kette werden am besten zusammengelöthet und heißen dann Doppelplatten. Bei der obersten Lage läßt man die Pappe weg, so

Digitized by Google

daß die Säule unten mit Kupfer, oben mit Zink endiget. Diese Endplatten, die Pole der Säule, legt man doppelt und schiebt dünnes Messingblech dazwischen, um Platindrähte daran zu hängen. Unter die doppelte Kupferplatte legt man gern eine nicht leitende Scheibe von Glas oder Porcellan.

§. 9. Die Wirkung der Volta'schen Säule nimmt in dem Verhältniß zu wie die Zahl der Plattenpaare, aus welchen man sie zusammensetzt, bei gleicher Plattenzahl aber wie die Größe der Plattenflächen. Säulen, die aus mehr als Hundert, oder aus sehr großen Plattenpaaren aufgebaut sind, nennt man vorzugweise Volta'sche Batterieen. Ist die Zahl der Paare sehr groß, so theilt man sie gern in mehre Säulen, stellt diese neben einander und verbindet die gleichnamigen Pole durch zusammenhängende Deckplatten, in welchem Falle sie als eine Säule wirken. Die größte Batterie, mit welcher Davy arbeitete, besteht aus 2000 Doppelplatten. Eine ungemein wirksame baute Children aus zwanzig Plattenpaaren von Zink und Kupfer, jede Platte 6 Fuß lang und 2 Fuß 8 Zoll breit, und tauchte das Ganze in verdünnte Salpetersäure.

§. 10. An Säulen von 20 — 30 Plattenpaaren beobachtet man schon deutlich, daß die von den Endplatten ausgehenden Platindrähte beide Elektricitäten ableiten. Der Draht vom Zinkende entwickelt immer positive Elektricität, der Draht vom Kupferende aber negative. Daher benennt man die Pole der Säule und ihre Leitungdrähte nach ihren Elektricitäten. Stellt man eine Kleist'sche Flasche isolirt neben die Säule und verbindet den Zinkpol durch seinen Draht mit der inneren Belegung, den Kupferpol aber mit der äußeren, so wird die Flasche nach und nach geladen und giebt deutliche Funken beim Schließen der Belegungen.

§. 11. Säulen von 50 — 60 Paaren geben unmittelbar elektrische Funken, wenn man beide Drähte mit einer Stange von Glas oder Siegellack verschiebt, bis ihre Spitzen einander auf

Digitized by Google

$\frac{1}{4}$ Zoll nah kommen, wiewol nur schwache. Große Batterieen geben in gleicher Schlagweite verstärkte Funken, welche Blattgold schmelzen und Schießpulver zünden. An die Spitzen gehängte Metallblättchen verbrennen dabei mit farbigem Lichte, Silber grün, Eisen roth, Zinn violblau. Kleinere Säulen geben nach Pfaff und v. Marum stärkere und glänzendere Funken, wenn die Säule von Sauerstoffgas umgeben ist, als in einer anderen Gasart.

§. 12. Faßt man beide Drähte mit naßgemachten Händen, so empfindet man eine elektrische Erschütterung, welche der Größe der Säule entsprechend ist, sich aber von der des elektrischen Schlages unterscheidet. Es ist kein plötzlicher Ruck, sondern ein fortwährendes Ziehen, wie von eindringendem Zugwind, welches ziemlich schmerzhaft wird und bei langem Anhalten Zittern der Arme zur Folge hat. Bei Davys großer Batterie wird man ohne Anfassen, schon im Vorübergehen erschüttert, wenn sie ohne isolirende Unterlagen über steinernem Fußboden aufgestellt ist.

§. 13. Leitet man das gegenseitige Ueberströmen aus beiden Drähten durch den oberen Theil des Gesichtes, so sieht das Auge im Dunkeln ein überhin schwebendes Licht, ähnlich dem Wetterleuchten. Am deutlichsten entsteht es, wenn man die Nasenspitze und eine Stelle über dem einen Auge mit Salmiakwasser benetzt, an jene den positiven Draht anlegt, und an diese den negativen. Etwas Aehnliches hat man auch an der einfachen Kette wahrgenommen, wenn die gestielten Metallplatten (Fig 130 §. 3) an das Zahnfleisch der oberen Kinnlade zur Rechten und Linken angelegt und so geschlossen werden; doch gelingt dieser Versuch Vielen gar nicht.

§. 14. Als Volta die Spitzen der Poldrähte in beide Ohren brachte, hörte er ein fürchterliches Gepolter im Kopfe, welches ihn von der Wiederholung des Versuches abschreckte. Auch Andere haben billig Bedenken getragen dieselbe Erfahrung zu machen; indessen ist die von Ihm Einmal gemachte hinreichend eine Ahnung

Digitized by Google

zu geben, was in uns vorgehen möge, wenn wir ein innerliches Klingen, Sausen oder Brausen im Kopfe hören.

§. 15. Bringt man beide Poldrähte in bleibende Berührung mit einander, so hört das Ausströmen beider Elektricitäten auf, indem sie ineinander überströmen und sich neutralisiren; aber die Enden beider Drähte werden dabei glühend. Wie weit das Glühen vom Ende sich erstrecke, hängt von der Stärke der Säule ab. Batterieen machen fußlange Drähte rothglühend. Die großplattige Batterie von Children (§. 9) bringt einen 5½ Fuß langen und 1 Linie dicken Platindraht beinah in dem Augenblicke der Schließung zum Glühen. Drähte von unedlem Metall verbrennen dabei.

§. 16. Unter günstigen Verhältnissen wird jenes Glühen nach Wollaston's Erfindung selbst durch die einfache Kette bewirkt, freilich nach verjüngtem Maßstabe. Seine Vorrichtung dazu nennt man das galvanische Feuerzeug. Ein kupferner Nähring, wie die Schneider ihn gebrauchen, wird oben plattgedrückt, wie a b c d Fig. 133 ihn im Längendurchschnitt zeigt. Eine kleine Zinkplatte e f von derselben Höhe wird zwischen b und c mit Siegellack eingekittet, so daß Zink und Kupfer einander nicht berühren. Zugleich wird feiner Platindraht so angebracht, daß er Kupfer und Zink berührt. Den Fingerhut setzt man in Salzsäure, so daß drei Viertheile der Höhe eingetaucht werden. Alsbald fängt der Draht an zu glühen und zündet Schwamm.

§. 17. Leitet man die Poldrähte einer Säule in eine mit Wasser gefüllte Glasröhre durch die Korkstopfen beider Enden zusammen, daß sie einander bis auf ¼ Zoll nah kommen, so entsteht eine Gasentwickelung aus beiden Spitzen. Die Luftbläschen des positiven Drahts sind Sauerstoffgas, die des negativen aber Wasserstoffgas. Beide Gase scheinen anfänglich einander abzustoßen, mischen sich aber nachher zu Knallgas. Große Batterieen entwickeln Gas in Menge, wenn man die Drähte in ein Glas voll Wasser leitet, in welchem Falle die

Digitized by Google

Gase einzeln gefangen werden können. Nimmt man Drähte von Kupfer für Platin, so wird nur Wasserstoffgas entwickelt, aber der positive Draht wird durch den Sauerstoff oxydirt und läßt Grünspan im Wasser fallen.

§. 18. Werden beide Drähte der Säule in die Flamme eines Lichts geleitet, so überziehen sie sich bald mit schwarzen Anhäufungen, indem sie den Kolenstoff des Oelgases niederschlagen; beide Niederschläge sind aber von verschiedener Natur und Gestaltung. Am positiven Drahte häufen sich traubenförmige Massen, am negativen aber baumförmige, sogenannte Rusdendriten. Nähert man die Niederschläge einander bis zur Berührung, so verbrennen sie durch einander mit Heftigkeit und blendend weißem Lichte.

§. 19. Leitet man die Poldrähte in wäßrige Lösungen, so wirkt der positive Pol säurend und wie Säure zersetzend. Lackmustinktur wird in seiner Umgebung roth gefärbt. Frisch gelassenes Blut wird hochroth. Aus Harn scheidet sich Faserstoff ab. Milch wird schnell sauer und der Käse sondert sich. Letztere Wirkung benutzt man nach Kastners Bemerkung in den Sennhütten unterhalb der Jungfrau zur Förderung des Niederschlags der gelaabten Milch, indem man eine Hand voll Laubthaler in den kupfernen Milchkessel wirft, wobei Silber, Kupfer und Milch galvanische Ketten bilden. Nachahmenswerth scheint das Verfahren nicht, weil in jener Kette das Kupfer positiv elektrisch werden und dem Käse Kupferoxyd mittheilen wird. Mit gut verzinnten Kesseln wäre es ein anderes, auch mit Zinkstücken.

§. 20. Dagegen wirkt der negative Pol der Säule entsäurend und wie Laugensalz zersetzend in seiner Umgebung. Den Veilchensaft und blauen Kohlaufguß färbt er grün. Die vom positiven Pole rothgefärbte Lackmustinktur wird vom negativen wieder blau gefärbt. Rothes Blut färbt er schwarz und aus der Milch scheidet er nicht Käse, sondern Milchzucker ab.

§. 21. Batterieen bringen die §. 19 und 20 angeführte Wirkung nach Davys Erfahrungen auch dann hervor, wenn die

Digitized by Google

Poldrähte in nebeneinanderstehende Gefäße ausgehen, sobald deren Inhalt durch feuchte Leiter, ein nasses Band z. B., in Verbindung gesetzt wird. Ob diese im Kleinen bewährte Gegenwirkung technisch anwendbar seyn könne, um etwa saure Weine zu entsäuern, muß der Erfahrung anheim gestellt werden.

§. 22. Höchst wichtig für die gesammte Naturforschung ist die von Davy durch die Volta'sche Batterie bewirkte Zerlegung der Kalien und Erden in Metalloide, d. h. metallähnliche Substanzen. Wenn man ein Stückchen Kali, Natron, Kalk oder Schwererde mit Wasser befeuchtet, auf einen Glasteller legt, dann beide Poldrähte darauf leitet und bis auf eine Linie zusammenbringt, so entwickelt der positive Pol Sauerstoffgas, aber der negative kein Wasserstoffgas. Statt dessen setzen sich Körner vom Metalloid des Kali, Natron u. s. w. an.

§. 23. Nicht minder wichtig für die Naturlehre ist eine Entdeckung, welche Oersted 1820 machte, daß der strömende Galvanismus auf die Polarität der Magnetnadel starken Einfluß habe, welches einen früher nichtgeahnten Zusammenhang zwischen beiden Kräften anzeigt. Diese Wirkung wird am besten durch Schweigers Multiplicator dargestellt. Einen mit Seide umsponnenen Messingdraht windet man 80 — 100 mal um einen elliptischen Cylinderkorb, befestiget ihn mit Seide und läßt beide Enden frei. Man legt den Cylinder so, daß die große Achse der Grundfläche die Richtung des magnetischen Meridians erhält, und setzt eine Magnetnadel mit ihrem Fußgestell obenauf. Sie zu bewegen bedarf es nur einer einfachen galvanischen Kette von Kupfer und Zink, deren Platten drei oder vier Zoll Durchmesser haben. Wenn man eines der freien Drahtenden mit der Kupferplatte c Fig. 131, das andere mit der Zinkplatte d in Berührung bringt, so strömen beide Elektricitäten durch alle Gewinde der Schraubenlinie und bringen die Magnetnadel aus ihrer Richtung, daß sie stundenlang den Nordpol nach Süden wendet.

Digitized by Google

§. 24. Während dem, daß die §. 10 — 23 besagten Erscheinungen außerhalb der Volta'schen Säule vor sich gehen, bleibt auch das Innere derselben nicht unverändert. Das Wasser, womit die Zwischenleiter befeuchtet wurden, verschwindet nach und nach, selbst dann, wenn die Vorrichtung so getroffen wird, daß es nicht verdunsten kann. Ohne Zweifel wird es bei dem Durcheinanderströmen beider Elektricitäten in seine Bestandtheile zersetzt, welche theils anders verbraucht, theils durch beide Drähte als dehnsame Stoffe entführt werden. Diese Wasserzersetzung erscheint als Bedingung des ganzen Erfolgs; denn mit dem Austrocknen der Tuch- oder Pappscheiben wird die Wirkung der Säule schwächer und hört endlich ganz auf.

§. 25. Die Salze, deren Lösung zur kräftigeren Entwickelung oder Schärfung des Galvanismus dient (§. 6), werden gleich dem Wasser innerhalb der Säule zersetzt. Ihre Bestandtheile legen sich zum Theil an die Scheiben des Zwischenleiters an (wie z. B. das Natron des Kochsalzes und die Talkerde des Bittersalzes), zum Theil aber werden sie durch Drähte mit fortgeführt und an den Spitzen ausgeschieden. Wird z. B. Salmiak zur Schärfung gebraucht, so findet sich dessen Salzsäure am positiven Pol wieder, das flüchtige Laugensalz aber am negativen.

§. 26. Da das Innere der uns bekannten Erdrinde aus plattenförmigen Ablagerungen von Mineralkörpern besteht, deren viele nach den Beobachtungen der Physiker Galvanismus erregen können, so gründete Mayer darauf die Vermuthung, daß im Innern der Erde galvanische Processe im Großen stattfinden möchten. Neuerlich eröffnete Wurzer die fruchtbare Ansicht, daß die Mineralquellen ähnlichen Ursachen ihre Entstehung verdanken möchten, indem durch galvanische Gegenwirkung aufeinander liegender Gebirglager vorüber laufende Quellwasser mit zersetzten Substanzen geladen würden. Er machte aufmerksam darauf, daß in der Nähe schwefelhaltiger Quellen gewöhnlich

Digitized by Google

eisenhaltige entsprungen, wonach beide als Ausflüsse galvanischer Pole zu betrachten seyn dürften.

§. 27. Diese Theorie, zu welcher die Naturforschung mehr und mehr Belege liefert, hat sogar praktische Bestätigung in einer technischen Anwendung gefunden, welche Hare kürzlich mit Erfolg versuchte, indem es ihm gelang Mineralwasser durch Galvanismus künstlich zu bereiten. Er baute eine Volta'sche Säule von abwechselnden Silbermünzen und Eisenscheiben, umwand sie mit Bindfaden und stellte sie in ein mit reinem Wasser gefülltes Gefäß. Das Wasser ward in wenigen Stunden stark eisenhaltig. Dieselbe Säule, in gährendes Zuckerwasser gestellt, erzeugte ein sehr gesättigtes Stahlwasser. Auch natürliche Mineralwasser könnten auf diesem Wege gewinnen.

§. 28. Wenn die Volta'sche Säule taglang fortwirkt, so werden auch die aufgebauten Metallplatten auffallend verändert, wenigstens so weit ihre Oberfläche frei ist, worauf sich der Nutzen des Zusammenlöthens (§. 8) gründet. Die Oberfläche des positiv elektrischen Metalles, also des Zinks im gewöhnlichen Falle, wird durch den abgeschiedenen Sauerstoff des Wassers orydirt und bekleidet sich mit einer weißen Rinde. Dagegen wird das negativ elektrische Metall, Kupfer oder Silber, von Schwefelwasserstoff und andern Ausscheidungen geschwärzt. Mit dieser Veränderung der Metallflächen nimmt die Wirkung der Säule ab. Reiniget man aber die Metallscheiben durch Scheuern mit Sand, so werden sie wieder wirksam und können sogleich neu aufgebauet werden.

§. 29. Jene Orydation der Zinkscheiben hat aufmerksam gemacht auf manche bei der Bedachung mit Metall vorgekommenen Fälle, da ein Metall in Berührung eines zweiten unerwartet schnell durch Nässe zerstört ward. Nähere Untersuchung ergab, daß die Zerstörung durch Galvanismus geschehe. Dachplatten von Zink z. B. stehen an sich sehr lange unverändert, wenn sie erst mit einer dünnen weißen Rinde sich bedeckt haben, werden aber

Digitized by Google

schnell zerstört, wenn man sie mit Nägeln von Eisen oder Kupfer anschlägt. Der Schade wird verhütet, wenn man die Nägel zur Befestigung aus 3 Theilen Zink, 2 Theilen Blei und 1 Theil Spießglas zusammensetzt, weil dann Zink an Zink liegt und kein Galvanismus entsteht.

§. 30. Bei der Marine hatte man die Erfahrung, daß kupferne Schiffbeschläge durch Rosten im Seewasser bald zerstört wurden. Dieses wird nach Davy's Rath durch absichtlich erregten Galvanismus vermieden, indem man hie und da Zinkplatten an der Kupferwand befestiget. Zink, Kupfer und Seewasser bilden dann galvanische Ketten. Das Kupfer wird, als das negativ elektrische Metall dieser Kette, durch Wasserstoff geschützt, während die Zinkstücke, die man leicht erneuern kann, durch die Ausflüsse des positiven Pols zerstört werden.

Wiewol die Lehre vom Galvanismus noch sehr neu ist, liefern doch die vorstehend ausgehobenen Sätze den Beweis, daß sie schon in mancherlei Beziehungen zur technischen Anwendung gereift ist. Nach diesem Anfange der ersten vierzig Jahre läßt sich von der Zukunft ungemein viel erwarten, da man die einmal ertappte Naturkraft nunmehr leichter in anderen Wirkungen wieder finden wird.

XXX. Feuer.

§. 1. Was die älteren Naturforscher zu den Urstoffen zählten und viertes Element nannten, ist nach der berichtigten Ansicht der Neuern die Erscheinung einer Zersetzung, nicht beharrliche Masse. Wenn der Sauerstoff durch die chemische Anziehung gewisser Körper, die wir brennbar nennen, aus seiner gasförmigen Verbindung gezogen und anderweit gebunden wird, so werden dabei Licht und Wärme frei, und deren vereinte Entbindung nennt man Feuer. Diese Zersetzung findet auf dreierlei Weise statt, wonach wir Glimmfeuer, Flammenfeuer und Stoßfeuer unterscheiden.

Digitized by Google

§. 2. Wenn ein brennbarer Körper an sich feuerbeständig, oder wenigstens im Zustande des Verbrennens noch nicht flüchtig ist, demnach in fester oder tropfbarflüssiger Form, nur dicht an seiner Oberfläche und ganz still verbrennt, so nennen wir das Glimmfeuer. So glimmt z. B. Phosphor an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur, dagegen er in höheren Wärmegraden flammend verbrennt. Die reine Kole, Coak, Zunder, Eisen, Blei, Zinn, Kupfer und mehre andre Körper verbrennen auch in hoher Glut nur glimmend.

§. 3. Das Glimmfeuer findet in drei Graden der Stärke statt, jenachdem mehr oder weniger Hitze dabei thätig mitwirkt. Der schwächste ist das dunkle Glimmen, wobei so mattes Licht entwickelt wird, daß es bei Tage nicht gesehen werden kann. So glimmt kalter Phosphor, Kole in der Asche, geschmolzenes Zinn und Blei. Der zweite Grad ist das Rothglühen, welches in der Dämmerung mit rothem Lichte erscheint. Diesen Grad zeigt Eisen, wenn es bis 264° R. erhitzt wird. Bei dem höchsten Grade, dem Weißglühen, wird unter strömender Glut ein lebhaftes weißes Licht entwickelt, welches auch bei Tage gesehen werden kann.

§. 4. Wenn das Produkt der Verbrennung, d. h. Brennbares mit Sauerstoff verbunden, flüchtig ist, entweicht es mit der freigemachten Wärme als Dampf oder Gas. So sieht man den dunkel glimmenden Phosphor bei Tage wenigstens dampfen, ebenso den Mist. Die an sich höchst feuerbeständige Kole entweicht nach der Verbrennung als kolensaures Gas, worin das Hauptprodukt der Kolenfeuer besteht. Daher nimmt die Kole beim Verbrennen fortwährend an Masse ab. So verglimmende Körper verbreiten Hitze über sich und dienen zu technischer Feuerung, wenn man ihnen Wärmeleiter nah bringt. Vgl. XIII, 10.

§. 5. Ist dagegen das Produkt der Verbrennung feuerbeständig, so überzieht sich der glimmende Körper mit einer Rinde von Verbranntem und nimmt in diesem Falle am Gewichte zu.

Digitized by Google

Viele Metalle verbrennen auf diese Weise und liefern Metalloxyde, welche man technisch Asche nennt. So wird Zinn zu Zinnasche, Blei zu Bleiasche und Glätte, Kupfer zu Kupferasche, Eisen zu Hammerschlag. Diese Art von Glimmfeuer erzeugt weit mehr freie Wärme als die vorige, weil nichts zur Gasbildung verbraucht wird, wirkt auf die allernächste Umgebung von Leitern unmittelbar, mittelbar aber nach oben durch das Aufsteigen der ausgedehnten Luft (des Stickgases).

§. 6. Wenn es technischer Zweck ist die glimmende Verbrennung zu hemmen, so geschieht das dadurch, daß man durch unverbrennliche Körper eine Scheidewand zwischen Luft und Brennbarem herstellt. So bedeckt man glühende Kolen mit Asche, um sie zur Benutzung aufzusparen. Dichtere Zwischenkörper verhüten die Verbrennung ganz, wie man z. B. den Stahl unter einer Decke von Glas schmelzt und im Lehmbeschlage glüht. Bei geringer Hitze schützen auch verbrennliche Zwischenkörper, wie man z. B. fließendes Zinn mit Harz oder Talg bedeckt.

§. 7. Soll dagegen die glimmende Verbrennung befördert werden, so geschieht das, indem man der atmosphärischen Luft (ihrem Sauerstoffgas) möglichst freien Zutritt verschafft, theils durch Wegräumen des Verbrannten (der Zinnasche und Bleiasche z. B.), theils durch Zuleitung verdichteter Luft. So erhält man die Kolen der Esse und der Schmelzöfen durch fortwährendes Blasen abwechselnder Bälge im Weißglühen. Noch mehr wirkt zur Beschleunigung ein Kreuzgebläse von 2 — 3 Bälgen, wie z. B. im Treibofen der Saigerhütten.

§. 8. Wenn ein brennbarer Körper an sich flüchtig ist, sich als Dampf erhebt und so an der Luft verbrennt, so geschieht das in einer oben zugespitzten Kegelfläche und stellt die Erscheinung der Flamme dar. Reine Flammenfeuer bilden z. B. Wasserstoffgas, Naphtha, Weingeist, Terpentinöl, Steinöl, Kampher, Phosphor, Schwefel, Zink, Arsenik und Wismuth. Wenn sie den zur Verdampfung erforderlichen Hitzegrad (XV, 20) besitzen, wird

Digitized by Google

die Flamme unterhalten, bis die Masse flüchtig-brennbarer Theile erschöpft ist, und dann verlöscht sie. Die Höhe und Größe der Flamme hängt von der Menge gleichzeitig entbundener Dämpfe, also von der Flüchtigkeit und dem Hitzegrad ab.

§. 9. Diejenigen Körper, welche als Brennmaterial technisch angewendet werden, z. B. Holz, Torf, Braunkole, Steinkole, Mist, Schilf, Stroh u. s. w., enthalten flüchtige und feuerbeständige Theile, vornehmlich Kolenstoff und Wasserstoff. Dem Verbrennen geht immer eine Verflüchtigung des letzteren voran, wobei ein Theil des ersteren mitverflüchtiget wird. Beide bilden Kolewasserstoffgas, welches eigentlich die Flamme darstellt. Der Wasserstoff tritt mit dem Sauerstoff der Luft zu Wasser zusammen, dessen Erzeugung jenen Flammenfeuern eben so wesentlich zugehört, als die des kolensauren Gases dem Verglimmen der Kole. Sobald der Wasserstoffgehalt des Brennmaterials erschöpft ist, hört die Verflüchtigung auf, erfolgt Niederbrennen der Flamme, und Glimmfeuer tritt an ihre Stelle.

§. 10. Wiewol diejenigen Brennstoffe, welche fast nur Kolenstoff und wenig Wasserstoff enthalten, wie z. B. Holzkole, Coaks und Kolenblende, an sich nur des Glimmens fähig sind, so kann dennoch Flammenfeuer aus ihnen dargestellt werden, wenn man ihnen wasserstoffhaltigere Körper zusetzt. So lockt z. B. der Koch nach Belieben augenblicklich Flamme aus glimmender Kole, wenn er Butter hineinwirft. Zu gleichem Zwecke besprengen andere Feuerarbeiter die glühende Kole mit Wasser. Sie reißt dessen Sauerstoff an sich, während der abgeschiedene Wasserstoff sich als Gas erhebt und flammt. Hüttenbälge fachen das Schmelzfeuer heftiger an, wenn sie Wasserdampf statt Luft schöpfen. Ebendeshalb wird Kolenfeuer durch Blasen mit dem Munde zur Flamme angefacht, wiewol der Hauch verderbte Luft enthält.

§. 11. Obschon bei den §. 9 besagten Flammenfeuern von der durch Luftzersetzung freigemachten Hitze viel wiederum zur

Digitized by Google

Gasbildung (zu kolensaurem Gas) verbraucht wird, ist doch das Hauptprodukt der Flamme, das Wasser, stets willig seine Hitze an Wärmeleiter wieder abzugeben, und darin besteht der wesentliche Vorzug des Flammenfeuers zur Heizung. Die Elasticität des heißen Wasserdampfs macht ihn fähig die geliehene Hitze schnell weit hin zu tragen und da zu entlassen, wo man ihn hemmt, dagegen Glimmfeuer nur in der Nähe wirken. Daher kann niedergebranntes Feuer noch einmal zur Heizung benutzt werden, wenn man ihm feinzertheiltes Wasser zuführt. Evans brachte die Kraft einer Dampfmaschine dadurch auf das Doppelte, daß er der niedergebrannten Steinkole Wasserdampf zuführte.

§. 12. Da das Flammenfeuer der Luft eine größere Oberfläche darbietet als Glimmfeuer, mithin weit mehr Theile gleichzeitig verbrennen, so nimmt in demselben Verhältniß die Lichtentbindung zu, weshalb nur Flammen zur Beleuchtung dienen. Vorzugweise benutzt man dazu die Oele, deren Mischung mit sich bringt, daß bei der dem Feuer vorangehenden Destillation des Wasserstoffs viel Kolenstoff mitverflüchtiget wird und Oelgas bildet (vgl. XVII, 51), weil das dadurch verdichtete Wasserstoffgas dann bei derselben Kegelfläche der Flamme in mehren Punkten brennt und leuchtet. Die erforderliche Destillation des Oels bewirkt das Glimmfeuer des Dochtes, nachdem er das Oel durch Adhäsion aufgesogen.

§. 13. Wenn die Entwickelung des Wasserstoffs erste Bedingung zur Unterhaltung des Flammenfeuers ist, so ist die zweite eben so nothwendige, daß der Flamme Sauerstoffgas in hinreichender Menge dargeboten werde, damit das Verflüchtigte vollständig verbrannt werde. In der Art und Weise dieser Darbietung unterscheidet sich die Flamme wesentlich vom Glimmfeuer. Sie wird durch Blasen nicht erregt, vielmehr gehemmt, indem der Stoß das Gas zerstreut. Noch weniger wird sie durch Wasser verstärkt; denn Wasserstoff zersetzt nicht Wasser, um wiederum Wasser zu bilden. Vielmehr wird die Flamme z. B. vom feuchten Hauche unterdrückt und ausgeblasen.

Digitized by Google

§. 14. Befördert wird die Flamme von trockner Luft, wenn diese jener in sanftem Zuge von unten zufließt, so daß beide Gase an einander hingleiten. Die freistehende Flamme bewirkt selbst diesen Zufluß, indem sie der sie berührenden atmosphärischen Luft ihr Sauerstoffgas abnimmt, das Stickgas aber durch Erhitzung hinauftreibt, in dessen Stelle dann neue Luft zutritt. Aber freilich bewirkt dieses nur in der Oberfläche des Flammenkegels Verbrennung, dagegen das innerhalb aufsteigende Wasserstoffgas oben nur Stickgas antrifft und unverbrannt außer dem Bereich der Flamme kommt.

§. 15. Die neuere Kunst hat jener Unvollkommenheit durch schätzbare Erfindungen genügend abgeholfen. Alströmer setzte bandförmige Dochte an die Stelle der runden, wodurch die Oberfläche des Flammenkegels ungemein vergrößert ward; allein diese Flamme leuchtet nur mit der breiten Fläche stark, nicht aber in der Richtung der oberen Schneide. Argand (eigentlich Argant) verbesserte das 1783 durch seinen Röhrendocht, dessen holer Cylinder ab Fig. 135 innerlichen Luftzufluß gestattet und dadurch einen Flammencylinder c bildet, welcher nach allen Seiten gleich stark, d. h. wie ein Banddocht von $\frac{1}{4}$ Breite leuchtet, oder vielmehr wie zwei solche, weil eine Flamme durch die andre leuchtet.

§. 16. Der Graf v. Rumford suchte gleichzeitig mit Argand Alströmers Lampe zu vervollkommnen, schlug aber einen anderen Weg ein, indem er sechs bandförmige Dochte parallel neben einander stellte, wie abcdef Fig. 136, so daß sie zusammen ein Prisma von $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser bildeten. Der innerliche Luftzufluß zwischen den Dochten theilt die Flamme in sechs Schneiden, die durch einander leuchten und nach allen Seiten dreimal so stark leuchten als eine Argandsche Lampe von demselben Durchmessers des Dochtcylinders, während sie nur doppelt so viel Oel verbrauchen, wonach der Rumfordschen Beleuchtung der Preis gebührt.

Digitized by Google

§. 17. Die dünnsten Flammenfeuer, welche weder zur Heizung, noch zur Beleuchtung tauglich seyn würden, haben in der neueren Technik eine dritte Anwendung gefunden, indem man sie als Sengfeuer gebraucht, um hervorstehende Fäden, welche die Baumwollenzeuge rauh machen, mit Vorsicht abzunehmen, ohne dem Gewebe selbst zu schaden. Man wählt dazu nach Hall's Vorschlage die Flamme des Wasserstoffgases. Die dazu dienliche Vorrichtung von Burne zeigt Fig. 137. Das Zeug bewegt sich in doppeltem Winkel um zwei wagerecht drehbare Wellen A und B. Mit diesen parallel laufende Metallröhren c und d strömen aus vielen Oeffnungen Gas, welches die Flammenreihen e und f bildet, und diese sengen das schnell vorübergehende Zeug auf beiden Seiten. Soll nur schwach gesengt werden, so wird das Zeug von A nach B bewegt; im andern Falle umgekehrt von B nach A, wobei es die Flamme mehr an sich zieht.

§. 18. Das gemeine Flammenfeuer, so wie es zur Heizung verwendet wird, ist keine vollständige Verbrennung und treibt neben den eigentlichen Produkten der Verbrennung (Wasser und kolensaurem Gas) auch unverbrannte Stoffe in die Höhe, welche den Rauch bilden. Er besteht größtentheils aus brandigem Oel (Theer), Kolestofforyd (Rus) und Essigsäure, also freilich aus brennbaren Stoffen, die aber aus der §. 14 angegebenen Ursach nicht verbrennen, sondern erkaltend sich in die Luft zerstreuen und darin andere Verbindungen eingehen (vgl. XXV, 34), welche die Luft verunreinigen, zu manchen Zwecken untauglich machen (XVIII, 3, 11) und die Feuergewerbe mit anderen entzweien.

§. 19. Vielfältige Mißhelligkeiten der Art haben veranlaßt, daß man die Verbrennung zu vervollständigen bemüht war, damit über der Esse nicht Rauch, nur unsichtbarer Schwaden emporsteige. So entstanden die rauchverzehrenden Oefen von Clement und Desormes, Parkes und Andern. Die einfachste und in der Ausübung sicherste Vorrichtung dazu ist die

Digitized by Google

von Roberton, welche Fig. 138 andeutet. Ehe der Rauch aus dem Ofen O nach der Esse E abzieht, wird ihm über der Flamme, deren Luftzug durch den Rost a eintritt, zum zweiten Male sauerstoffhaltige Luft durch ein Seitenrohr bc zugeführt, welche aber nicht kalt eintritt, sondern durch die Flamme erhitzt wird. Sie erzeugt dann ein zweites Flammenfeuer in den Zügen. Ueber eine andere Vorrichtung zu ähnlichem Zwecke vgl. XVIII, 13.

§. 20. Dagegen ist es in anderen Fällen wol technischer Zweck die Verbrennung möglichst zu hemmen, um die Bestandtheile des Rauches in Menge zu erzeugen und zu gewinnen, namentlich beim Theerschwelen, dem Rußbrennen und der Verkolung. Man erreicht diesen Zweck dadurch, daß man nur nothdürftig Luft zutreten läßt, damit das Feuer nicht gar verlösche, daß man den Rauch nöthiget sich durch unterwärts gehende Züge zu drängen, daß man ihn bis zum Erkalten verschlossen führt, auch endlich durch siebartige Deckel austreten läßt.

§. 21. Zuweilen beabsichtiget man nur feuchten Rauch ohne Flamme zu verbreiten. Dieser Zweck wird ohne besondere Vorrichtung ganz einfach dadurch erreicht, daß man feuchtes Brennmaterial über Glimmfeuer häuft. Die Verdampfung der Feuchtigkeit löscht die Flamme des Verflüchtigten im Entstehen und bildet Schmauchfeuer. Feuchte Sägspähne, faules Holz, Moos und Blätter geben so ein Gemenge von Rauch und vielem Wasserdampf, welches da nützlich wird, wo es darauf ankommt mäßige Wärme weit hin zu verbreiten, z. B. um das Erfrieren der Weinstöcke oder das Einfrieren der Mühlräder zu verhüten.

§. 22. Die mit Flamme verbrennenden Körper lassen nach dem Niederbrennen und Verglimmen einen erdigen Rückstand, die Asche, zurück, welche nach der neueren, auf Davy's Entdeckungen (vgl. XXIX, 22) gestützten Ansicht nicht in erdiger Form, sondern metallisch in dem unverbrannten Körper enthalten war, durch Glimmen der Kole aber in Metalloxyde verwandelt wird, (Vgl. §. 5). Torf und Braunkolen mögen davon eine

Digitized by Google

Ausnahme machen, indem ihre Entstehung glaublich macht, daß die große Menge von Erde, welche bei ihrer Einäscherung zurückbleibt, als solche schon dem Brennbaren mechanisch beigemengt war.

§. 23. Bei rascher Verbrennung und starkem Zuge wird ein Theil der Asche als Flugasche mit fortgerissen und theils dem Flatterrus, theils dem ins Freie austretenden Rauche beigemischt, welches letztere manche Beschwerden erzeugt. Vornehmlich entsteht Flugasche beim Verbrennen des Blättertorfs und der Bastkole, einer Braunkole von deutlich erhaltenem Holzgefüge. Beider Asche sondert sich feinblättrig ab und fliegt ebendeshalb leicht auf. Zurückgehalten wird sie, wenn man dem Schlot zwei rechtwinkliche Knie giebt wie Fig. 139 und ihn dabei erweitert wie 1:2:3, d. h. mit 15″, 21″ und 26″ Durchmesser.

§. 24. Die dritte Art von Feuer, welche durch die Benennung Stoßfeuer bezeichnet werden kann, ist eine Verbrennung, die nicht nach und nach vor sich geht, sondern augenblicklich vollbracht wird, weil es keiner Flächenberührung mit der atmosphärischen Luft bedarf, indem die Masse alles Nöthige zur Verbrennung in sich vereiniget. Das einfachste Beispiel davon ist die Verbrennung des Knallgases (XVII, 48). Solche Verbrennungen erzeugen einen heftigen Stoß, eine Explosion, welche zu vielen Zwecken als mechanische Kraft nützlich wird, und vermöge der plötzlichen Lufterschütterung einen Knall.

§. 25. Die zur Erzeugung des Stoßfeuers geeigneten Mischungen, z. B. Knallgold, Knallsilber, Knallquecksilber, flammender Salpeter, Chlorphosphor, Chlorschwefel und Knallpulver, gehören sammt ihren Benutzungen der technischen Chemie an; jedoch ist die Erläuterung des Schießpulvers, eines mechanischen Gemenges von 6 Th. Salpeter, 2 Th. Kole und 1½ Th. Schwefel, hier nicht zu übergehen. Der Schwefel dient als Zunder, um den glühenden Stahlfunken zu fangen und die Kole zu entzünden, deren Glimmfeuer den Salpeter zersetzt (vgl. XVII, 12).

Digitized by Google

Das ausgeschiedene Sauerstoffgas verbrennt Kole und Schwefel, wobei der Salpeter vollends zerstört wird. Die Produkte sind Stickgas, Salpetergas, kolensaures Gas und schwefligsaures Gas, welche zusammen einen mehr als tausendmal vergrößerten Raum einnehmen und ebendadurch den Stoß erzeugen. Dieser kann nach Barnhagens Erfindung noch vergrößert werden, wenn das Pulver mit 2 — 3 Gemäßen Sägmehl gemengt wird, welches die Sprengarbeit ungemein fördert.

§. 26. Damit Verbrennungen anfangen, bedarf es gewöhnlich äußerer Veranlassung. Das Anheben, die Entzündung, wird allermeistens durch Mittheilung von schon brennenden Körpern bewirkt, die man Zünder nennt. Diese zeigen sich ungleich wirksam nach der Art des Feuers, in welchem sie begriffen sind. Glimmende Zünder leisten weniger als flammende, weil diese den Zündstoff umgeben und in größerer Fläche wirken; aber Stoßfeuer zündet am schnellsten und sichersten, weil es neben der Hitze verdichtetes Sauerstoffgas darbietet und beide dem brennbaren Körper aufdrängt. Die furchtbarste Zündkraft entsteht durch Schießpulver, dem Chorkali beigemischt worden, wodurch die Brandracketen so unwiderstehlich seyn sollen.

§. 27. Sehr oft bedarf es keines Zünders, sondern Erhitzung reicht schon hin Entzündung zu bewirken, indem sie die chemische Anziehung des Brennstoffs zum Sauerstoff erweckt. So entzünden sich die meisten Knallmischungen, auch Schießpulver, in gewissen Hitzegraden. Die Entzündung durch Brennspiegel und Brenngläser ist nur Wirkung der Hitze. Das verdichtete Sonnenlicht zündet dunkelfarbige Körper leichter, weil diese in der Beleuchtung mehr Wärme freimachen als hellfarbige. Daß auch dunkle Hitze dem Sonnenlicht ähnlich wirke, zeigt XIII, 6. Holz wird in Berührung mit der Luft durch Erhitzung entzündet, sobald diese zur Verkolung desselben hinreicht, auch durch Reibhitze.

§. 28. Druck und Stoß bewirken zuweilen Entzündung, indem sie Hitze aus Luft pressen und das Sauerstoffgas derselben

Digitized by Google

verdichten, wie im Stockfeuerzeug (XVII, 9); in anderen Fällen aber durch plötzlich erregte Elektricität. Die merkwürdigste Erscheinung der letzteren Art ist die alltägliche des Stahlfeuerzeuges welches sich etwa zur Kleistschen Flasche verhält wie Wollastons Fingerhut zu Volta's Säule. Der scharfe Stein schneidet einen Stahlspahn ab, welcher als Leiter die positive Elektricität des Steins an sich reißt, zum Glühen kommt und dann als Zünder Glimmfeuer (des Zunders), leichter noch Stoßfeuer (des Pulvers und Salpeterschwamms) erweckt. Ein Gemisch von 2 Theilen Eisen und 1 Theil Spießglas sprüht zündende Funken, wenn man daran feilt, welches ebenfalls auf Reibelektricität beruht.

§. 29. Daß die Gegenwirkung beider Elektricitäten auch ohne mechanischen Stoß Entzündungen bewirkt, zeigt vor allem der Blitz (XXVIII, 22), im Kleinen Fürstenbergers Zünder (XXVII, 17). Dem Wolkenblitze steht der vulkanische Blitz hierin nicht nach. Dem Krater entsteigt eine Masse von negativ elektischem Schwefelwasserstoffgas, welches durch Hitze und Reibung in der Luft freigemachte positive an sich reißt. Ihren Verein verkünden zuckende Blitze und Donnerschläge, und zugleich lodert der Gasstrom in meilenhohen Feuersäulen auf. Dabei geschieht im Großen, was sich in Laboratorien zuweilen bei Bereitung des Schwefelbalsams ereignet hat, wenn die Gläser sprangen. Die Flammen aus dem Halse Trunkener dürften ähnlichen Ursprung haben.

§. 30. Die Entzündungen, welche der Galvanismus hervorruft (XXIX, 15), finden auch wol bei unregelmäßig geschlossenen Ketten statt. Eine auffallende Wirkung dieser Art ist die des Kupfersalpeters mit Zinn. Wenn man Kupfer in Scheidewasser löst, die gesättigte Lösung auf dem Ofen eintrocknet und von dem Rückstande etwas in röhrenförmig zusammengerolltes Stanniol wickelt, so wird jener in wenig Minuten feucht, und dann verbrennt das Zinn mit sprühender Flamme. Gleiche Theile

Digitized by Google

Eisenfeil und Schwefel, mit Wasser zu einem Teig gebildet, erhitzen sich durch galvanische Gegenwirkung bis zum Glühen und brechen in Flammen aus. Aehnliche Wirkungen des Schwefeleisens erzeugen Erdbrände in Kolenlagern, wo nicht alle unterirdischen Feuer.

§. 31. Sehr oft ist die Entzündung endlich Folge chemischer Entmischungen. Wenn man Salpetersäure mit Salzsäure mischt und dann Alkohol zugießt, bilden sie augenblicklich eine Feuersäule von Chlorgas und Alkoholdampf. Kalksäcke entzünden sich im Regen, Kienrus und Wolle mit Oel, Taback, Heu und Malz in feuchter Gährung. Diese und viele ähnliche Feuer pflegt man einer Selbstentzündung zuzuschreiben, insofern die Veranlassung nicht in die Augen fällt. In manchen Fällen liegt die Ursach in Metalloiden (XXIX, 22), als welche Luft und Wasser mit großer Kraft zersetzen und dadurch verbrennen. Dahin gehört die Selbstentzündung des Phosphors und der Pyrophore von Homberg, Suvigny, Wurzer, Kastner und Döbereiner, deren Erläuterung der Chemie angehört, so wie die chemische Entzündung überhaupt hier nur berührt werden kann.

§. 32. Jede Art von Feuer verlöscht, wenn die Bedingungen seiner Dauer aufhören, d. h. sobald es an Brennbarem, oder an Sauerstoffgas, oder an der zur Verflüchtigung nöthigen Hitze fehlt. Durch künstliche Wegnahme jener drei Bedingungen, oder einiger davon, wird die Feuerlöschung bewirkt, wo sie technischer Zweck ist. Die einfachste und sicherste Weise besteht in Entfernung des Brennbaren, also beim Hausbrande im Abreißen der zunächst dem Feuer preisgegebenen Gegenstände; aber freilich scheut man sich zu zerstören, was vielleicht gerettet werden könnte. Richtige Beurtheilung der Größe der Gefahr und der zu Gebote stehenden Mittel muß dabei entscheiden. Man darf als Grundsatz annehmen, daß jedes Bestreben, gegen die Natur anzukämpfen, fruchtlos sey, wenn stark bewegte Luft das Feuer anfacht, wonach bei heftigem Winde und drohender Richtung desselben Abreißen

Digitized by Google

der Nebengebäude Pflicht wird, als das einzige Mittel unberechenbarem Unheil vorzubeugen.

§. 33. Die stärkste Waffe das Feuer zu bekämpfen und den erfaßten Raub ihm zu entreißen besteht darin, daß man ihm die Luft benimmt. Da die Luft Sauerstoff und Hitze hergiebt, so kann bei deren Ausschluß weder die Verflüchtigung, noch die Verbrennung fortdaueren und es folgt Erstickung des Feuers. Auf diesem Verschluß beruht das Töden glühender Kolen in metallenen Deckelgefäßen, die Löschung brennender Oefen und Schornsteine durch Schieber und das Verbühnen brennender Schächte. Im Freien ist die Erstickung schwierig. Im Erdstock brennende Häuser löschen sich zuweilen selbst durch Einsturz. Ihn zu befördern ist vor allem wichtig, wenn man es so einrichten kann, daß der Schutt eingeschlagener Wände auf den Herd des Feuers stürzt und ihn verschüttet. In Fällen, da der Ueberhang nicht zugänglich war, gleichwol aber dringende Gefahr gebot, das Einzelne der Erhaltung des Ganzen zum Opfer zu bringen, hat man zuweilen mit gutem Erfolg Geschütz angewendet, um obere Wände auf das Feuer zu werfen.

§. 34. Die feuerabhaltenden Anstriche, durch welche man Holzwerk und anderes Brennbare im voraus gegen mögliche Gefahr zu schützen sucht, bewähren ihre Kraft dadurch, daß sie Luft und Brennstoff isoliren und dem Ausbruch des Feuers durch Erstickung zuvorkommen. Glasers Anstrich empfiehlt sich vor andern durch Wolfeilheit, also zum Gebrauch im Großen für Holz. Zwei Theile Lehm und 1 Theil Töpferthon, die beide durch Schlämmen gereiniget seyn müssen, mischt man mit 1 Theil Mehl, welches in Wasser gekocht worden, zu dünnem Brei und streicht diesen zwei- bis dreimal auf das zuvor rauh gemachte Holz. Dieser Anstrich deckt dauerhaft, selbst im Feuer, weil dann die Mehltheile in demselben Verhältniß schwellen, als der Thon sich zusammenzieht. Für Papiertapeten und Theaterdekorationen eignet sich ein durchsichtiger Anstrich mit dem von Fuchs erfundnen

Digitized by Google

Wasserglas, einem mit Kali übersättigten und dadurch löslichen Glase.

§. 35. Eigentlich ist nicht Abhaltung der Luft überhaupt zur Erstickung des Feuers erforderlich, sondern nur Abhaltung des Sauerstoffgases, welches den vierten Theil der atmosphärischen Luft ausmacht. Vgl. XVII, 21. Wird dieses Viertheil weggenommen, so ist der Rest, das Stickgas, nicht blos unwirksam, sondern eine schirmende Umhüllung des Brennbaren. Jene Wegnahme bewirkt am kräftigsten schwefligsaures Gas. Vgl. XVII, 38, 89. Wenn daher in der Luft, welche dem Feuer zufließt, Schwefel verbrannt wird, so löscht ein Feuer das andere aus. Brennende Essen werden so augenblicklich gelöscht, wenn man unter ihnen Schwefelfaden pfundweise anzündet und anderweitigen Luftzufluß abschneidet.

§. 36. Das schwefligsaure Gas wird auch erzeugt, wenn schwefelsaure Salze, namentlich Vitriole, Glaubersalz, Bittersalz, Alaun und Gyps, in Berührung mit Kole geglüht werden. Man kann durch sie bewirken, daß der Brand selbst das Mittel zu seiner Tödung erzeuge, und darauf beruht die Wirkung der feuerlöschenden Anstriche, welche von den feuerabhaltenden (§. 34) wesentlich verschieden sind. Polhem, v. Aken, Palmer, Kleemann und Andere haben Alaun und Eisenvitriol vorzugweise dazu dienlich befunden und empfohlen. Balken und Breter, mit der heißen Lösung beider Salze getränkt, widerstehen der anschlagenden Flamme stundenlang. Auch Seilwerk und Papier wird durch dasselbe Mittel unverbrennlich und verkolt sich wol im Feuer, flammt aber nicht und glimmt anfänglich nicht einmal, weshalb dergleichen Papier bei der Marine zu Patronen angewendet wird.

§. 37. Ebendieselben Salze hat man auch zur Löschung brennender Häuser anzuwenden versucht, aber ohne genügenden Erfolg. Die Benutzung ihrer Auflösung im Wasser ist nicht unwirksam, aber unthunlich, weil jene Salze Metall und Leder an den Spritzen zerstören. Darauf versuchte man sie in fester

Digitized by Google

Gestalt, indem man Kugeln aus Gypsteig, Alaun und Vitriol bildete und diese Löschkugeln in das Feuer warf. Die vor Jahren damit zu Spandau angestellten Versuche entsprachen der Erwartung nur zum Theil, weil die Kugeln meistens durch den Brand herabrollen und liegen bleiben, wo sie nicht Hitze genug finden, um schwefligsaures Gas zu entwickeln.

§. 38. Da der Pulverdampf nur aus feuerlöschenden Gasen und Dämpfen besteht (vgl. §. 25), unter welchen auch schwefligsaures Gas ist, so faßte Baumé die Idee, Feuerbrünste durch Schießpulver zu löschen, welches in Büchsen eingeschlossen und ins Feuer geworfen ward. Dieses Mittel zeigte eine augenblickliche, aber nicht anhaltende Wirkung, indem die Explosion das Flammenfeuer nur im Vorüberstreichen niederdrückte.

Jene Löschkugeln wirkten für sich zu schwer und langsam, diese Pulverbüchsen aber zu schnell und flüchtig. Durch beider Zusammensetzung dürfte vielleicht das Rechte getroffen werden, wenn man aus gleichen Theilen Schießpulver, Alaun und Vitriol Löschkugeln bildete und sie durch Zielen in den Mittelpunkt des Feuers brächte. Bei hartem Frost und Wassermangel könnten solche Kugeln von großem Nutzen seyn.

§. 39. Ein drittes Mittel zur Feuerlöschung besteht in Wegnahme der Hitze, welche erforderlich ist brennbare Dämpfe der Flamme zuzuführen. Kleine Feuer werden dadurch leicht und schnell bezwungen. In einer Pfanne brennendes Oel wird augenblicklich gelöscht, wenn man kaltes Oel zugießt, dem Sprichwort ganz zuwider, dagegen Wasser solches Feuer noch mehr aufregt. Große Feuer werden allerdings entkräftet, wenn man sie hinreichend abzukühlen vermag; aber dazu sind die Mittel oft unzulänglich. Wenn Stücke Eis von tausend Armen unausgesetzt in die Glut geworfen werden, so läßt sich davon schon etwas erwarten. Schnee ist dazu unbrauchbar, weil er viel Sauerstoff enthält (vgl. XVII, 19) und dadurch der Flamme Nahrung zuführt, mithin mehr schadet als nützt.

Digitized by Google

§. 40. Wasser lösch Feuer durch die Abkühlung, welche sein Verdampfen verursacht, und darauf beruht die Wirkung der Feuerspritzen. Ihr unschätzbarer Nutzen wird freilich durch Umstände eingeschränkt. Wenn nach van Marum's Versuchen sechs Unzen Wasser hinreichen neun Quadratfuß brennende Holzfläche zu löschen, so gilt das nicht von der gepreßten Glut im Innern brennender Gebäude, die Silber und Kupfer zum Schmelzen bringt. In solcher Hitze zersetzt die Kole das Wasser (vgl. §. 10) und dann lodern die Flammen um so furchtbarer auf. Wenn viele und starke Wasserstrahlen zusammenwirken, gewinnen sie wol endlich Uebermacht und ersäufen den Herd des Feuers. Mit einzelnen ist es kaum rathsam den Mittelpunkt eines großen Brandes anzugreifen. Nützlicher verwendet man diese zum Durchnässen der Umgebung, damit sie dampfend vor der Mittheilung der Glut geschützt werde. Vgl. XV, 28.

Digitized by Google

Register.

Abdampfen S. 202.
Abendroth 315.
Abfärben 41
Abhaltung der Hitze 176. 208.
Abhellen 50.
Abklären 51.
Abkühlung 171. Durch Verdampfen 207. Durch Verdunstung 222.
Abkühlunggefäße 174.
Ableitung der Elektricität 361. des Magnetismus 334.
Ablöschen 179. 224.
Abrauchen 202.
Abreißen des Feuers 416.
Abschließung, elektrische 352. 353.
Absetzen 50.
Abstoßen, elektrisches 348. 356. Magnetisches 339.
Abweichung der Magnetnadel 343.
Abziehen 203.
Achromatische Fernröhre 313.
Adhäsion 39. 40.
Adhäsionplatten 39.
Aeolipila 211.
Aeolharfe 162.
Aequator, magnetischer, 346.
Aequilibristen 80.
Aether 265.
Aggregatzustand 17.
Akkord 159.
Alkarazzas 222.
Alkoholimeter 112.
Amalgama, Kienmeiers und Singers 354.
Ammoniumgas 248.
Anamorphotische Spiegel 290.
Anblasen des Feuers 407.
Anhaften 39. Specifisches 46.
Anhaftungmittel 46.
Anker des Magnets 324.
Anlassen s. Nachlassen.
Anschießen 52.
Anstreichen 44.
Anstriche, feuerabhaltende 417. Feuerlöschende 418.
Anwandlung 2.
Anziehung 39. Elektrische 348. 350. 364. Magnetische 323. 339. Chemische 56.
Apparat, physikaler 3. zur Farbenmischung 318.
Aräometer 106.
Armirung des Magnets 324.
Arsenikdunst 355.
Asche 407. 412.
Athmen 232.
Attraktion 39.
Attraktorität 323.
Aufbewahrung 176. 236. 360.
Aufbrausen 230.
Aufgehen des Teiges. 229.
Auflösung 56.
Auflösungmittel 57.
Aufschäumen 229.
Auftreiben 203.

Digitized by Google

Ausblühen 221.
Ausdehnung durch Wärme 178. 190. Durch Elektricität 358.
Auslader 370.
Auspressen 15.
Ausschmelzen 190.

Badthermometer 187.
Ballon 259.
Barometer 121.
Barometerhöhe, mittlere 126.
Barometerprobe 138.
Bart des Magnets 323.
Batterie, elektrische 371. Galvanische 398. Magnetische 330. deren Verstärkung 331.
Beerdigung 263.
Beharrlichkeit der Körper 12.
Belegung der Spiegel 45. der Kleistschen Flasche 368.
Beleuchtung 246. 409.
Beobachtung 2.
Bergmännchen 259.
Bernsteinlinsen 301.
Berührung 7.
Bescheinung 291.
Beschleunigung des Falles 60. 64.
Bestandtheil 57.
Bewaffnung des Magnets 324.
Biegsamkeit 26.
Bierheber 116.
Bild im Spiegel 279.
Bindung 57. der Wärme 191. des Lichts 265. der Elektricitäten 368.
Birnbarometer 122.
Blaker 288.
Blättriger Bruch 22.
Blasbalg 132. Blasbalg des Flüssigen 91.
Blasen, elektrisches 356.
Blasenventil 134.
Blasinstrumente 166.
Blastisch 198.
Blau, Entstehung desselben 310.
Blechableiter 394.
Blechinstrumente 178.
Bleichkunst 322.
Bleidunst 254. 255.
Blendendes Licht 274.
Blendlaterne 297.
Blinken 278.
Blitz 387. Vulkanischer 415. Gefahr vom Blitz getroffen zu werden 391. Sicherung davor 391. Wirkung des Blizzes auf die Magnetnadel 348. Wirkungen des Blitzes überhaupt 388.
Blitzableiter 392.
Blitzröhren 389.
Blumenlichter, elektrische 362.
Blutsauger, Whitfords, 115.
Bodendruck des Flüssigen 86. 87.
Bogenschuß 68.
Bologneserflasche 24.
Bologneserstein 276.
Bononischer Leuchtstein 276.
Boussole 342. Elektrische 350.
Brandgeruch 253.
Braun, dessen Entstehung 319.
Brechen fester Körper 25.
Brechung des Lichts 290. 292.
Brei, dessen Entstehung 49.
Brennbarkeit 405.
Brenngläser 297. Doppelte 298. Zusammengesetzte 299. Parabolische 299.
Brennkugeln 295.
Brennpunkt der Holspiegel 283. der Brenngläser 297.
Brennraum der Brenngläser 298.
Brennspiegel 284. aus Planspiegeln 284.
Brennweite der Holspiegel 283. der Brenngläser 297.

Digitized by Google

Brillantirung der Edelsteine 294.
Brillen 302. hole 307. periskopische 308.
Bruch, Bruchfläche 21.
Brummeisen 164.
Brunnen 89. Standbrunnen, Grundwasserbrunnen, Sodbrunnen ebenda.
Brunnenecho 152.
Brunnenluft 256.
Büscheln in Brunnen 257.

Camine, deren parabolische Krümmung 172.
Chemie, deren Unterschied von der Physik 2.
Chlor, Chlorgas, Chlorkali, Chlorkalk, Chlorsalze, Chlorwasser 242.
Compression der Luft 126.
Compressionpumpe 126.
Cylinder, geaichte 106.
Cylindermaschine 353.
Cylinderspiegel, hole 287. Erhabene 289.

Dämmerung 265.
Dampfbad 209.
Dampfbildung 200.
Dampfbleichen 210.
Dampfdreher 211.
Dampfgeschütz 214.
Dampfheizung 208.
Dampfkochen 209.
Dampfkugeln 211.
Dampfmaschine 212.
Dampfmenge verschiedner Körper beim Siedepunkt 211.
Dampfpresse 210.
Dampfschiffahrt 213.
Dampfsieden 209.
Dampfspringbrunnen 211.
Dampfwagen 213.
Dampfzersetzung 202.
Darmseiten 160.
Darmsaitenhygrometer 227.
Deckel des Elektrophors 376.
Dehnbarkeit 24. 29.
Dehnsamkeit 10.
Dekantation 116.
Dekatiren 210.
Deklination der Magnetnadel 343. örtlich verschiedene 343. Veränderlichkeit 344.
Deklinatorien 344.
Depolarisiren magnetischer Uhrtheile 340.
Diamant als Lichtsauger 276. Brechung des Lichts darin 291.
Diamantlinsen 301.
Dichtheit, Dichtigkeit 8.
Dickflüssigkeit 36.
Dissonanz 159. Auflösung und Vorbereitung 160.
Dochte, deren Haarröhrchenkraft 48. Bandförmige, röhrenförmige, prismatische 410.
Dollonds, Dollond'sche Fernröhre 312.
Donner 387. Rollen desselben 387.
Donnerkeil 389.
Doppelplatten, Volta'sche 397.
Doppelstrich zum Magnetisiren 327.
Drachme Gewicht 75.
Drahtleitung elektrische 351
Drahtziehen 29.
Dreiklang, harmonischer 159.
Druck des Festen 69. des Flüssigen 80. der Luft 113.
Druckpumpe 119.
Drucksieden 206.
Drucksiedekessel 207.
Druckspringwasser 130.
Dunkelheit 265.
Dünnflüssigkeit 35.
Dünnheit 9.
Dunst 215. 384.
Dunstmesser 220.

Digitized by Google

Dunströhren 250.
Durchschein 269. der Farben 318.
Durchseihen 9. 51.
Durchsichtigkeit 268.

Ebbe und Flut 83.
Echo 148. Einfaches, einsylbiges, mehrsylbiges, mehrstimmiges 149. Brunnenecho 152. Waldecho 148.
Edelsteine, Politurfähigkeit 18.
Effloresciren 221.
Eigenschwere 103. der Metalle 107. einiger Steinarten 108. einiger Pflanzenkörper 108. einiger Thierkörper 109. einiger Kunstprodukte 109.
Eindruck in weiche Körper 69.
Einklang der Töne 158.
Einschießen brennender Häuser 417.
Einschlagen fallender Körper 62. des Blitzes 387.
Einsenken schwimmender Körper 97.
Einsinken im Erdboden 69.
Eis, dessen Ausdehnung 190.
Eisbereitung durch Luftverdünnung 140. Durch Verdunstung 222. indische 223.
Eisgruben 176.
Eiskeller 176. tragbare 177.
Eispunkt s. Frostpunkt.
Elasticität 30. des Wassers 15. der Luft 126. der Dämpfe 211.
Elektricität 348. Erregung derselben 348. 349. 368. Mittheilung derselben 350. Entgegengesetzte 362. Positive 363. 398. Negative 363. 398. El. des Reibers und des Reibzeugs 363. Natürliche des Erdbodens 365. Verstärkung durch Anhäufung 368. Atmosphärische 382. Wirkung auf Samen 361; auf das Wachsthum 361; auf Blüten 361; auf Eyer und Thiere 352; auf die Flamme 366.
Elektricitätmesser 356.
Elektricitätträger 376.
Elektrische Boussole 350.
Elektrisiren 350.
Elektrisirmaschine 353. Stärke derselben 355. Negative 364.
Elektrometer 356.
Elektrophor 376. Verstärkung desselben 378.
Elektroskop 350.
Elementarwelt 82.
Elmsfeuer 388.
Empfindlichkeit der Magnetnadel 338. der Thermometer 185.
Empyreumatische Dünste 253.
Emulsion 50.
Entzündung 414. durch den Blitz 389. durch Zünder 414. durch Erhitzen, ebendas. durch Stoß 415. durch Mischung 416. durch Elektricität 372. 415. durch Galvanismus 399. 415.
Erdbeben, Entstehung 214. Wirkung auf das Barometer 124. Wirkung auf die Magnetnadel 347.
Erdbrände, Entstehung 416.
Erdhygroskop 226.
Erdiger Bruch 23.
Erhärten durch Trocknen 20.
Erhebung über den Horizont 293.
Erhitzung 171. durch Festwerden 193. durch Zusammendrücken 231. durch Licht 276. 284. 295. 297. durch galvanische Gegenwirkung 416.
Erkältung 171. durch Schmelzen 191. durch Verdampfen

Digitized by Google

207. durch Verdunsten 222. durch Gasbildung 230.
Erkennen, deutliches 274.
Erleuchtung 273.
Erscheinung, deren allgem. Begriff 2.
Erschlagen durch den Blitz 390.
Erschütterung, elektrische 367. 370. Galvanische 399.
Erstarren 52. 189.
Ersticken in verdünnter Luft 141. In verderbter Luft 233. Im Stickgas 236. Im Kolensauren Gas 238. Im koligf. Gas 241. Im Wasserstoffgas 243. In Miasmen 250 f. Durch den Blitz 388.
Erstickung des Feuers 417.
Erweichen 21.
Esse der Feuerarbeiter 252.
Eudiometer 235.
Evaporiren 202.
Expansibilität der Luft 132.
Expansivkraft 10.
Experimente 3.
Experimentalphysik 3.
Experimentirkunst 5.
Explosion 413.
Extraktivpresse 127.

Fadenziehen 37.
Fall 58. Geschwindigkeit des freien Falles 59. im Wasser 93. in verdünnter Luft 137.
Fallhöhe gleicher Zeiten 60. Fallhöhe des Wassers 85.
Falllinie, Abweichung davon 59.
Fallschirm 63.
Farben 317. Einfache, gemischte 316. schielende 316. matte 318. reine, satte, brennende, hohe, helle, blasse, tiefe, dunkle 319. Aechte u. unächte 322.
Farbenbild 309. 310.
Farbenbrechung 309.
Farbendurchschein 316. Mischung desselben 318.
Farbenkegel 311.
Farbenringe durch Brechung in Linsen 312. Um Sonne und Mond 315.
Farbenspindel 318.
Farbenstoffe 317.
Farbenton 319.
Farbenveränderung 320. 321.
Fasriges Gefüge 22.
Faulige Dünste 253.
Federkielhygrometer 228.
Federkraft 32.
Federwage 74.
Fernmesser 274.
Fernrohr 304. Holländisches 307. achromatisches 312.
Fernrohrprobe 305.
Fernziehung des Magnets 333.
Festigkeit 17. Festwerden 193.
Feuchtigkeit der Luft 223. 359.
Feuchtmesser 226.
Feuchtzeiger 225.
Feuchtzieher 225.
Feuer 232. 266. 405 f.
Feuerbeständigkeit 200.
Feuerfestigkeit 194.
Feuerlöschung 416. durch Erstickung 417. mit Eis 419. mit Wasser 420.
Feuerluft 232.
Feuersammler 291.
Feuerschirm 171.
Feuerspritze 129. Wirkung 420.
Feuerung 406.
Feuerzeug 231. 400. 415.
Figuren Lichtenbergsche 366.
Filtriren 9.
Filtrirbeutel, Cleelands 86.
Filtrum 9. Parrots 91.
Fingerhutapparat 400.
Finsterniß 265.

Digitized by Google

Fischbeinhygrometer 227.
Fische, elektrische 381.
Flachgehen der Schiffe 97.
Flamme 246. 366. 401. 407.
Flasche, Leydensche 368.
Flimmern 278.
Fließen 84.
Flöte 168.
Flüchtigkeit 200.
Flugasche 413.
Flugrad, elektrisches 356.
Flüssigkeit 34.
Fluß, weißer, grauer, schwarzer, schneller 197.
Flut und Ebbe 83.
Form des Elektrophors 376.
Formen 17.
Formbarkeit 25.
Fracht der Schiffe, Schätzung 97.
Freie Stoffe 58. Freier Wärmestoff 188. Freier Lichtstoff 265.
Fremdartigkeit der Körper 42. 53.
Frost 171.
Frostpunkt 186. natürlicher 192. künstlicher 193.
Fuchsschwanz zum Elektrophor 377.
Funken 266. elektrische 366. galvanische 399. Verstärkte 369. 399.
Funkeln 278.

Gährung, Beförderung derselben durch Sauerstoffgas 233. Hemmung in Stickgas 236. durch kolensaures Gas 239. durch koligsaures Gas 241. Beförderung durch Elektricität 360.
Gallert 36.
Galvanismus 395. Verstärkung desselben 397.
Gas 229. hepatisches 246. kolensaures 238. oxydirtsalzsaures 242. nitröses 238. schwefligsaures 241.
Gasarten einfache 229.
Gasbeleuchtung 246.
Gasbildung 229. galvanische 400.
Gasspritze 133.
Gaszersetzung 231.
Gefälle des Wassers 85.
Gefrieren 190.
Gefrorenes 192.
Gefüge der Körper 21.
Gegendruck des Festen und Flüssigen 92.
Gegengewichte 74.
Gelb, Entstehung 310.
Geliefern 36. 190.
Gepolter, galvanisches 399.
Geruch elektrischer 356.
Geschmack, elektrischer 356.
Gestehen des Flüssigen 189.
Gewerbnaturlehre 4.
Gewicht, absolutes 70. specifisches 103.
Gewichtverlust im Wasser 92.
Gewitter, Entstehung und Gestalt 386. Wirkung auf das Barometer 124.
Gießbare Körper 191.
Gießkugel 129.
Glasbruch 23.
Glaselektricität 363.
Glaselektrophor 380.
Gleichartigkeit der Körper 42.
Gleichgewicht der Dehnkraft 11. des Festen 70. 76. des Flüssigen 81. der Luft 133.
Gleiten auf schiefer Ebene 64.
Glimmfeuer 406. Grade 406.
Glocken, deren Wirkung 166.
Glockenringe, dreieckte 165.
Glühen 266. 406. galvanisches 400.
Glutmesser 185.
Grablichter 262.
Gräberluft 261.

Digitized by Google

Gradiren der Soole 220.
Gran 75.
Granuliren 35.
Grau, Entstehung desselben 319.
Grün, Entstehung desselben 310.
Grubenkompaß 342.
Grubenlaterne 259.
Grubenluft 257.
Grundwasser 89.
Guckkasten 306.
Guhren, metallische 49.
Gußprobe der Zinngießer 105.

Haarhygrometer 227.
Haarröhrchen 48.
Hagel 224. Hagelschlag 394.
Hagelableiter 394.
Halbdurchsichtigkeit 269.
Halbhärte 18.
Halbkugeln, Guerikische 136.
Halbleiter, elektrische, 351.
Halblinsen 296.
Halbschatten 272.
Haltbarkeit 26. 27.
Halter, isolirender 379.
Handelgewicht 75.
Handflasche, elektrische 355.
Handmikroskop 303.
Harmonie 159.
Harmonika 166.
Härte 17. Härten durch Mischung 20. Härten des Stahls 179.
Harzelektricität 363.
Hauptfarben 310.
Heber 115. in verdünnter Luft 138.
Heberbarometer 122.
Heberspringbrunnen 116.
Heilung durch Elektricität 362. durch Magnetismus 336.
Heizmaschinen 189.
Heizung 173. durch Dampf 208. durch Flammenfeuer 409.
Helenenfeuer 388.
Helle 265.
Hermattan 221 (121).
Heronball 129. 137.
Heronbrunnen 131.
Heuschreckenofen 173.
Hitze 170. Abhaltung derselben 176. 208. Entstehung durch Reiben 189.
Höfe um Sonne und Mond 315.
Höhe des Tons 157.
Höhenmessung, barometrische 125.
Hölenwinde 182.
Holbrillen 307.
Hollinsen 306.
Holspiegel, kugelförmige 282. kegelförmige 285 (135), parabolische 285. cylindrische 287.
Hörrohr, einfaches 152. doppeltes 153.
Hospitäler, Miasmen darin 252.
Hufeisenbatterie 331.
Hufeisenmagnet 325.
Hufeisenstrich, einfacher 326. doppelter 327.
Hydrogengas 243.
Hydrothionsaures Gas 247.
Hygrometer 226. Arten 227. 228.
Hygroskop 225.
Hypothesen, physikale 4.

Inklination der Magnetnadel 345. Oertliche Ab- und Zunahme 346.
Inklinatorien 346.
Insolation 291.
Instrumente, physikale 3, musikale 160.
Intervalle der Tonstufen 158.
Isoliren, elektrisches 352.
Isolirschemel 352.

Kaleidoskop 282.
Kalkdunst 254.
Kälte 171. Winterkälte 277.
Kamine, deren Wölbung 172.

Digitized by Google

Kappellenlinsen 308.
Kastor und Pollux 388.
Katapulte 34.
Katze als Elektrophor 380.
Kegelspiegel, hole 285, erhabne 289.
Keimen im Sauerstoffgas 233. durch Elektrisiren 361.
Kellerluft 256.
Kernschatten 272.
Kernschuß 68.
Kesselpauke 165.
Kette, elektrische 370. galvanische 396. geschärfte 397. magnetische 329.
Kettenableiter 393.
Kielhygrometer 228.
Kitten 47.
Klangfiguren, Chladnis 156.
Klarheit des Lichts 265.
Klebrigkeit 42.
Klebvergoldung 47.
Kleidung, warmhaltende 174.
Kleistsche Flasche 368.
Klingen 156.
Kloakluft 260. beißende, berauschende ebenda.
Knallgas 245.
Knallgasgebläse 199.
Kochgeschirre 173.
Kolendunst 252.
Kolenfeuer 406.
Kolensaures Gas 238.
Kolestofforydgas 240.
Kolewasserstoffgas 245.
Koligsaures Gas 240.
Kollektivglas 298.
Kompaß 341. Arten 342 — 343.
Kompression der Luft 126.
Kompressionpumpe 126.
Konduktor der Elektrisirmaschine 354.
Konsonanz der Töne 159.
Kontraktilität 33.
Körnen 34.
Körniger Bruch 22.
Körper physischer 7.
Kramgewicht 75.
Kramwage 73.
Krankenzimmer, elektrisirte 359.
Krankenzimmerluft 251. 252.
Kranz des Gewitters 386.
Kreisen bewegter Körper 79.
Kreuzgebläse 407.
Krystallisation 52. 360.
Krystalllinse des Auges 302.
Kuchen des Elektrophors 376.
Kugeln, Brechung des Lichts darin 295. Farbenbrechung 313.
Kugelmikroskop 296.
Kugelspiegel, hole 283. erhabne 288.
Kugelspiel auf Springwasser 92.
Kühltröge als Ableiter der Elektricität 360.
Kühltöpfe 222.
Kupferdunst 355.
Kuren, elektrische 373. magnetische 336.
Kurzsichtigkeit 306.

Ladung der Schiffe 97. schiefe 99. elektrische 355.
Lampe, Argandsche 410. hydrostatische 131. Rumfordsche 410.
Lampendocht 48. 410.
Lampenmikroskop 304.
Lastgewicht 75.
Lastwage 72.
Lebensluft 232.
Leichtflüssigkeit 195.
Leichengeruch 262.
Leinwandprobe 302.
Leiter der Wärme 172. magnetische 333. elektrische 351.
Lesegläser 302.
Leuchten 266. der Farben 310.
Leuchtrohr 285.

Digitized by Google

Leuchtspiegel 285.
Licht 265. freies 265. gebundenes 265. elektrisches 356, 365. galvanisches 399. Geschwindigkeit des Lichts 268. Abnahme im Verbreiten 267. Schwächung in durchsichtigen Körpern 270. Zurückwerfung desselben 273.
Lichtbrechung 290.
Lichthunger 278.
Lichtkugeln 295.
Lichtmagnete 276.
Lichtmesser 277.
Lichtprobe 271.
Lichtsauger 276.
Lichtstoff 265.
Lichtträger 276.
Liegen der Körper 78.
Liespfund 75.
Linsengläser 296. halbe 296. hole 306. periskopische 308.
Lockerheit der Körper 8.
Lorgnetten 307.
Löschen des Feuers 416.
Löschkugeln 418. 419.
Löschpapier 48.
Löthen 47.
Löthrohr 198. Hydrostatisches 198. Piktets 199.
Loth 65, als Gewicht 75, zum Löthen 196.
Lothrechte Linie 65.
Lothse 65.
Luft 229. Freie 248, atmosphärische 235, 248, brennbare 243, dephlogistisirte 232, feuchte 359, phlogistisirte 236. Luft in Werkstätten 252. Zersetzung der Luft durch Elektricität 373.
Luftarten 229.
Luftbälle 243.
Luftbetten 230.
Luftbilder 287.
Luftdruck 113. Messung desselben 117.
Luftelektricität 382. 384.
Luftgestalt 37.
Luftgütemesser 235.
Luftmaschine, Hölls 132.
Luftpresse 139.
Luftpumpe 134, Kastners 181, Wilkens 202.
Luftsaugpumpe 133.
Luftschiffahrt 244.
Luftspiegelung 292.
Luftthermometer 183.
Luftwechsel 249. 250.
Lupen 302.

Mädchen, unsichtbares 155.
Magazin, magnetisches 330.
Magnet 323, armirt, bewaffnet, gepanzert 324, natürlicher 323, künstlicher 325, zusammengesetzter 330. Verstärkung 324. Schwächung 329. Magnetische Kette 329.
Magnetisiren 326. 337.
Magnetismus 323. Mittheilung desselben 326. Erweckung 332. 337. Thierischer 336.
Magnetberge 323. 340.
Magnetnadel 325. 337. Empfindliche 338, Träge 338, mit veränderlichen Gewichte 346.
Magnetstäbe 325.
Magnetstein 323.
Manteltrichter 181.
Markgewicht, Kölnisches 76.
Masse, körperliche 7.
Materie 7.
Material 7.
Medicinalgewicht 75.
Meniskus 307.
Metalle, deren Dehnbarkeit 25, 29, Eigenschwere derselben 107. Leitkraft für Elektricität 351. Galvanische Stufenfolge 396.
Metallbedachung 404.
Metallbrillen 275.

Digitized by Google

Metallgemische, leichtflüssige 195.
Metallgeschmack 396.
Metalloide 402. 108.
Metalloxyde 407.
Metallplatten, galvanische 396, deren Zersetzung 404.
Metallreiz 395.
Metallthermometer 185.
Metallvegetation 53.
Meteorstahl 24.
Miasmen 248.
Mikroskop 303.
Mineralquellen durch Galvanismus 403.
Mineralwasser Bereitung durch Galvanismus 404.
Mischungverhältniß 57.
Mißklang 159.
Mitklingen der Saiten 162.
Mitschmelzung 196.
Mitte 260.
Mittelfarben 310.
Mitverflüchtigung 201. 221.
Mitversenkung 100.
Modergeruch 262.
Mönchen 307.
Mond, dessen Anziehung 84.
Monochord 160.
Morgenroth 314.
Mörser 24.
Multiplikator des Galvanismus 402.
Mürbe Körper 26.
Mus 49.
Muschelbruch 23.

Nachlassen des Stahls 24.
Naßmachen 44.
Natur 1. Naturgesetze 3. Naturkraft 1. Naturlehre 2.
Nebel Wesen desselben 55. Entstehung 223. Veränderung durch Elektricität 358.
Neigung der Magnetnadel 345.
Neigungnadeln 346.
Neutralisiren 57.
Nichtleiter der Elektricität 351.
Niederbrennen der Flamme 408.
Niveau 81.
Nordlicht elektrisches 357. Wirkung des natürl. auf die Magnetnadel 348.
Nordpol des Magnets 323. 336.

Oben und Unten 58.
Oberwind 182.
Objektivglas 304.
Observation 2.
Oefen, rauchverzehrende 411.
Oel, Löschung des brennenden 419.
Oelbad, Wilsons 205.
Oelgas, ölbildendes Gas 246.
Ofenschirm 171.
Ohr des Dionysius 153.
Oktave 158.
Okularglas 304.
Opalisiren 316.
Orange, Entstehung 310.
Orientiren durch die Magnetnadel 341.
Oscillation des Pendels 65, der Magnetnadel 338.
Oxydiren 234.

Papintopf 206.
Pechbret zum Isoliren 352.
Pendel 65. Dessen Schwingungen 66.
Pendeluhr 67.
Perpendikel, physischer 65.
Perspektiv 307.
Perisкopische Brillen 308.
Pfannenstein, dessen Entstehung 52.
Pfauenschwanz 117.
Pfeifen mit dem Munde 169. Orgelpfeifen 167, gedackte 168.
Pfeilbild der Kompasses 341.

Digitized by Google

Pflanzengrün 321.
Pflanzenschlaf 278.
Pfund 75.
Phänomen 2.
Phosphor 247. 416.
Photometer 277.
Physik und Chemie 2.
Plankonvergläser 296.
Planspiegel 280.
Platinzünder 245.
Plattenableiter 393.
Plattenpaare, galvanische 396.
Plattiren 45.
Plomb 260.
Polarität 336. Erweckung 337. Schwächung 339. Aufhebung 340. Umkehrung 340. Polarität ohne Ziehkraft 341.
Pole des Magnets 323. 336. Feindliche und freundschaftliche 339. Galvanische 398. Positiver und negativer 401.
Polyeder, Brechung des Lichts darin 311.
Porosität 7. 8.
Posaune 167.
Pressen 13. Hydraulische 120.
Prisma zur Farbenbildung 309.
Probirkunst 197.
Probirstein 41.
Probirwage u. Probirgewicht 73.
Prognostikon 382.
Pulver 413. Pulverdampf 419.
Pulverisiren 23.
Pyrometer 185. 188.
Pyrophor 416.

Quartflöte 168.
Queckfilberdunst 256.
Queckfilberregen 139.
Queckfilberthermometer 184.
Quellen der festen Körper 12.
Quellen streichende 89. Entstehung der Quellen 224. Mineralische 403.
Querflöte 168.

Rauch 56. 359. 411.
Räucherung 251.
Rauchverzehrende Oefen 411.
Rautengläser 294.
Reflektor des Lichts 276.
Regen 224. 385. Regenmesser 100.
Regenbogen 311. Doppelter, dreifacher, künstlicher 314.
Reiber der Elektrisirmaschine 353.
Reibhitze 189. 231.
Reibkocher 189.
Reiblicht 266. 356. 365.
Reibschalen 24.
Reibzeug der Elektrisirmaschine 354.
Reif 223.
Reißen der Körper 13. 26.
Reizbarkeit für Elektricität 374.
Resonanz elastischer Körper 147.
Retorten zum Destilliren 203.
Retraktorität 323.
Rettunglampe 258.
Reverberen 285.
Reverberirfeuer 172.
Ringe, farbige, durch Brechung 315.
Ringstrich, magnetischer 328.
Rollen auf schiefer Ebene 63. Rollen des Donners 387.
Rommana 73.
Röschen des Wassers 85.
Rosettenform der Edelsteine 294.
Rösten 201.
Roth, Entstehung desselben 310.

Digitized by Google

Rothglühen 266. 406.
Rückstand, elektrischer 371.
Rusdendriten 401.

Saccharometer 110.
Saigerschmelzen 195.
Saiten, deren Gesetze 161.
Saiteninstrumente 34. 160.
Salpetergas 238.
Salze, Lösung 56. Krystallisiren 52. Elektrisirte Lösungen 360. Zersetzung derselben durch Galvanismus 403.
Sammler, der Elektrisirmaschine 354.
Sammlung des Lichts in Holspiegel 283, in Kugeln 295, in Linsen 297.
Sättigung 57, des Dunstes 217.
Sauerstoffgas 232. 400.
Sauerstoffgasgebläse 199.
Sauerstoffwasser 234.
Saugpumpe 118, mit hohem Satz 119.
Saugspitzen, elektrische, 351.
Säule, Volta'sche 397.
Schaliges Gefüge 22.
Schall 142. Geschwindigkeit 145.
Schallmitel 142.
Schallrohr 152, konisches 154.
Schallspiegel 150.
Schallstrahlen 143.
Schatten 270.
Schattenkegel 271.
Schattenrisse 270.
Schattenverkehrung 273.
Schattenwurf 270.
Schattirung der Farben 319.
Schaum 55.
Scheere der Wage 71.
Scheidung der Stoffe 53.
Scheinen des Lichts 267. Elektrisches 357.
Schieferbruch 22.
Schieferhygrometer 228.
Schielende Farben 316.
Schießpulver, Wirkung 413. Anwendung zum Feuerlöschen 419.
Schiffbeschläge, Zerstörung derselben durch Galvanismus 405.
Schiffpfund 75.
Schillern der Farben 320.
Schlafzimmerluft 251.
Schlag, elektrischer 367. Wirkung auf Thiere 373. Kalter, tauber des Blitzes 390.
Schlagen, Verdichtung durch, 14.
Schlagkugeln der Elektrisirmaschine 355.
Schlagweite, elektrische 367, galvanische 399.
Schlamm 49. Schlämmen 94.
Schlammbäder 247.
Schlauchseile 28.
Schlauchspritzen 130.
Schmauchfeuer 412.
Schmelzbarkeit 189, specifische 194.
Schmelzgefäße 194.
Schmelzöfen 172.
Schmelzung 189, durch den elektrischen Funken 372, durch den Blitz 389.
Schmieren der Räder 231.
Schnarrwerk der Orgel 169.
Schnee 224. Schneewasser 224.
Schneiden 19.
Schnellbleiche 243.
Schnellkraft 33.
Schnellwage 73.
Schönen des Weines 51.
Schoßloth 96.
Schrauben, magnetisirte, 335.
Schröpfen 115.
Schwaden 259. Brennende ebenda.
Schwarz 275. 277. 319.
Schweben 78, im Wasser 93.

Digitized by Google

Schweelfeuer 412.
Schwefelbleiche 242.
Schwefeldunst 254.
Schwefelleberluft 246.
Schwefelquellen 247.
Schwefelwasserstoffgas 246.
Schwefligsaures Gas 241. 418.
Schweif des Gewitters 386.
Schweißen des Eisens 42.
Schwellen der Körper 12.
Schwere 58.
Schwerflüchtige Körper 200.
Schwerflüssige Körper 194.
Schwerpunkt 76, des Menschen 79, schwimmender Körper 99.
Schwimmen 95. Schwimmer 99.
Schwimmgürtel 102.
Schwimmkleider 102.
Schwimmkragen 102.
Schwimmkugel 96.
Schwimmkunst 101.
Schwimmkuraß 102.
Schwimmwage 98.
Schwinden der Körper 12.
Schwingungknoten 162.
Seegesichte 292.
Seekompaß 343.
Segen der Fischerei 100.
Sehwinkel 273.
Seide 37.
Seidenelektrophor 380.
Seihen 9. Seihezeug ebenda.
Seile, Haltbarkeit derselben 28. Schlauchförmige ebenda. Unverbrennliche 418.
Seimigkeit 35.
Seitenbilder der Spiegel 280. 289.
Seitendruck des Flüssigen 86.
Secundenpendel 67.
Selbstentlader 371.
Selbstentzündung 416.
Sengfeuer 411.
Senkrechte Linie 59.
Senkwage 110. 111.
Sichtbarkeit 273.
Siebe 9.
Sieden 204, in verdünnter Luft 140, auf Höhen 206. 207.
Siedepunkt, dessen Stetigkeit 205. Specifischer 205.
Signalfeuer 268.
Sila 235.
Singen der Kochgefäße 204.
Sinken im Wasser 93.
Skale des Barometers 122, des Thermometers 186, des Hygrometers 226.
Skrupel 75.
Sodbrunnen 89.
Solution 56.
Sonnenbau 277.
Sonnenlicht 266.
Sonnenmikroskop 303.
Spannung der Saiten 161.
Späthiges Gefüge 22.
Sperrbarkeit 11.
Spiegel 279. Ebene 280, hole 282, erhabene 288, optische 306.
Spiegelbild 279.
Spiegelmikroskop 303.
Spiegelprobe 294.
Spiegelteleskop 305.
Spiegelung 278.
Spiegelzimmer 282.
Spieldosen 164.
Spielen der Magnetnadel 338, der Oberfläche bei Flüssigem 215.
Spindeln, ein- und mehrgradige 110. 111.
Spiritusgebläse 199.
Spiritusthermometer 184.
Splittriger Bruch 23.
Sprachgewölbe 151.
Sprachrohr 154.
Sprengen 128.
Springflut 84.

Digitized by Google

Springkraft 30.
Springquellen 211.
Springwasser, natürliche 91, künstl. 130.
Spritze 115. 420.
Sprödigkeit 23.
Sprudelquellen 211.
Stabbatterie, magnetische 330.
Stabklavier 164.
Stadtluft 249.
Stahlfeder 32.
Stahlfeuerzeug 415.
Stahlharmonika 164.
Standbrunnen 89.
Standmesser 88.
Stangenableiter 392.
Stänglicher Bruch 22.
Staub 56, der Krankenzimmer 251, der Werkstätten 252.
Staublinsen 301.
Staubregen 358.
Stechheber 114.
Stechthermometer 187.
Stehen 77, der Saiten 161.
Steigwasser 90.
Stern, elektrischer 365.
Stickgas 236, oxydirtes 237.
Stickstoffoxydgas 237.
Stiefel der Luftpumpe 134.
Stimmflöte 167.
Stimmgabel 164.
Stimmpfeife 167.
Stockfeuerzeug 231. 415.
Stoff 7.
Stoß, elektrischer 372.
Stoßfeuer 413.
Strahlenbrechung, doppelte 294.
Strahlende Dehnsamkeit 267, strahlendes Licht 267.
Strahlenkegel 267, elektrische 365.
Strahliges Gefüge 22.
Streckbarkeit 24.
Strengflüssigkeit 194.
Strich magnetischer, einfacher 326, doppelter 327, ringförmiger 328.
Strom 85.
Stubenluft 250.
Sturm, Entstehung durch Elektr. 385.
Sturmflut 84.
Sublimat 203.
Sublimation 203.
Sublimirtopf 203.
Substanz 7.
Südpol des Magnets 323. 336.
Sumpfluft 263.
Sumpfwagen 103.
Suterazis 90.

Tamburin 165.
Tariren der Gefäße 80.
Taschenperspektiv 307.
Taschenthermometer 185.
Taucher, kartesischer 127.
Teig 49. Teigschmelzung 109.
Telegraph 268.
Teleskop 305.
Teller des Gewitters 386.
Terrella 347.
Terzflöte 168.
Teufel, kartesische 127.
Tertur 21.
Thau 223. 234.
Theorie 4.
Thermometer 183. Arten 183 — 185. Fahrenheitsches 186. Reaumursches 186. Hunderttheiliges 187.
Thermometrograph 188.
Thonpyrometer 188.
Thürme, schiefe, 77.
Tiefe des Tons 157.
Tiefgehen der Schiffe 97.
Tödung des Feuers 417. 418.
Todtenhöfe 263.
Ton 155. Tönen 157.
Tonarten 159.

Digitized by Google

Tonleiter 157. Chromatische, diatonische 158.
Tonstufen 157.
Tonwerkzeuge 160.
Toricellische Leere 121.
Treibkraft der Sehnen 33.
Triangel, musikaler 165.
Trockenmaschine 220.
Trockenstuben 221.
Trocknen durch Pumpen 139.
Tropfbarkeit 34.
Tubus 304.

Ueberbordwerfen 98.
Uebersättigung 57.
Ueberströmen der Elektricitäten 365.
Uebertragen des Gewichts 100.
Uhrkompaß 342.
Uhrtheile magnetische, Demagnetisiren derselben 335. 340.
Undurchdringlichkeit 7.
Undurchsichtigkeit 270.
Unschmelzbarkeit 194.
Unsperrbarkeit 11.
Unterwind 182.
Unze 75.

Ventil 134. Blasenventil 134. Klappenventil 134. Kugelventil 126.
Ventilator 133.
Verbindung, chemische 57.
Verblitzen 390.
Verbrennung 232. 372. 405.
Verdampfung 200. 203. 204.
Verdichtung 7. 11.
Verdünnung 10. 134.
Verdunkelung der Farben 319, der Oelfarben 321.
Verdunstung 215. Hemmung derselben 217. Beförderung derselben 219. 358.
Verflüchtigung 200.
Vergolden 44. 53.
Vergrößerung durch Holspiegel 286, durch Kugeln 296, durch Linsen 300. 301.
Vergrößerungsgläser 303.
Vergrößerungsprobe der Linsen 300, der Fernröhre 305.
Verhallen 143.
Verhärten 20.
Verkehrung durch Spiegel 281, durch Holspiegel 286, durch Linsen 300.
Verkleinerung durch Planspiegel 280, durch Holspiegel 286, durch Linsen 300, durch Hollinsen 306, durch periskopische Linsen 308.
Verlöschen des Feuers 232. 236. 239. 241. 416 — 20.
Verschiebung der Bilder durch Brechung des Lichts 293.
Verschießen 321. 322.
Versilbern 44.
Versinken im Erdboden 69, im Wasser 98.
Verstählen des Eisens 24.
Verstärkung des Magnetismus 330, der Elektricität 368, des Galvanismus 397.
Verstärkungsflasche 368.
Versuch 3. Amsterdammer 373.
Vertheiler, elektrischer 375.
Vertheilung, elektrische, 374.
Vertiefung der Farben 319.
Vervielfältigung der Bilder durch erhabne Spiegel, 289, durch Brechung in Polyedern 294, der galvanischen Kette 397.
Verwandlung, chemische, 2.
Verwandschaft 56.
Verwittern 21.
Verzinken des Kupfers 44.
Verzinnen 44. 53.
Verzögerung des Steigens 63. 64.
Vibration des Pendels 65.

Digitized by Google

Violet, Entstehung desselben 310.
Volatil 200.
Volksnaturlehre 4.
Volta'sche Säule 397.
Vorstoß beim Destilliren 203.
Vulkane, Wirkung derselben auf die Magnetnadel 347.

Wage 71. Wägen ebend.
Wagerechte Linie 71.
Wahlverwandschaft 58.
Wahrnehmbarkeit 274.
Wäldecho 148.
Walken der Gewebe 28.
Wallen des Flüssigen 180.
Wandern der Magnetnadel 348.
Wärme 170. Ab- und Zunahme 171, freie 188, gebundene 189. 230.
Wärmeentbindung durch Festwerden 193, durch Dampfzersetzung 208, durch Durstzersetzung 223, durch Gaszersetzung 231, durch Zurückwerfung des Lichts 276, durch Brechung des Lichts 291, durch Farbenbrechung 311, durch Reibung 189, durch Elektricität 372, durch Galvanismus 400, durch Feuer 332.
Wärmegrad 170.
Wärmehalter 174.
Wärmeleiter 172.
Wärmeleitung 172.
Wärmemesser 183.
Wärmestoff 170, freier 188.
Wärmezeiger 183.
Wasser, Entstehung 408. dessen Eigenschwere 103. Oxydirtes 234. Zersetzung des Wassers 373. 403.
Wasserdampf 204.
Wasserdichtmachung 54.
Wasserdunst 216. 358. 385.
Wasserfall 85.
Wassergas 216.
Wasserglas 418.
Wasserpaß 81.
Wasserpresse Reals 87. Bramahs 120.
Wasserpumpe 117.
Wassersäulenmaschine 132.
Wasserstoffgas 243. 357. 400. 408.
Wassertrommel 131.
Wasserwage 88.
Weichkochen 210.
Weinheber 115.
Weinverstärkung 218.
Weiß 275. 277. 319.
Weißglühen 266. 406.
Wellenschlagen 82.
Werfen des Holzes 13.
Wetter, frische, matte 257, schwere, leichte 258, schlagende 259.
Wetterbälle 388.
Wetterglas 123, chemisches 382.
Wetterharfe 163.
Wetterhäuschen 227.
Wetterlaunen 284.
Wetterleuchten 387.
Wetterlotten 257.
Wettermännchen 227.
Wetterpropheten 384.
Wetterpumpe 258.
Wettersatz 133.
Wetterthüren 257.
Wetterwechsel 257.
Wetterwolke 386.
Widerstand loser Körper 14, flüssiger 15, 35, der Luft 38, 61.
Wiederhall 148.
Wiederschein 275.
Wiegen fester Körper 77.
Wind 38. 133. 182.
Windbüchse 128.
Windharfe 162.
Windrose 343.

Digitized by Google

Windstille 133.
Winkelspiegel 282.
Wirbelwind 385.
Wirkungkreis, elektrischer 374.
Witterung, Beurtheilung derselben nach dem Barometer 123, nach dem Hygrometer 228, nach dem Prognostikon 383.
Wohnung, warmhaltende 175.
Wolken 385.
Wolklang 159.
Wonnegas 237.
Wurfspiele 31.

Zauberlaterne 304.
Zerfallen 21.
Zerfließen 224.
Zergehen 192.
Zerklüftung 13.
Zerreiblichkeit 23.
Zerreißen 26.
Zersetzung, chemische 57, durch Elektricität 373, durch Galvanismus 403. 404.
Ziehbarkeit, magnetische, 323, entlehnte 334, verminderte 335. Weise sie zu beobachten 338.
Ziehkraft, magnetische, 323, Verminderung und Verlust derselben 329. 335.
Ziehofen 256.
Ziehwage 74.
Zimmer, elektrisirte 359, isolirte 391.
Zitteraal, dessen Elektricität 381.
Zitterroche, dessen Elektricität 381.
Zitterwels 381.
Zünder 414, elektrischer 379.
Zunge der Wage 71, tönende von Metall 164, des Schnarrwerks 169.
Zusammenhalt 26.
Zusammenhang 17.
Zuschläge 197.
Zwischenräume, leere 7.
Zwischenreiber 354. 364.

Digitized by Google

Nachweisung der Figuren.

Fig. 1. S. 19.
2. — 30.
3. — 48.
4. — 64.
5. — 65.
6. — 66.
7. — 73.
8. — 74.
9. — 87.
10. — 88.
11. — 88.
12. — 89.
13. — 90.
14. — 90.
15. — 91.
16. — 92.
17. — 98.
18. — 106.
19. — 111.
20. — 111.
21. — 111.
22. — 113.
23. — 115.
24. — 116.
25. — 116.
26. — 117. 121.
27. — 118.
18. — 119.
29. — 120.
30. — 122.
31. — 122.
32. — 122.
33. — 126.
34. — 129.
35. — 129.
36. — 129.
37. — 130.
38. — 130.

Fig. 39. S. 131.
40. — 134.
41. — 134.
42. — 135. 136.
43. — 137.
44. — 138.
45. — 152.
46. — 153.
47. — 153.
48. — 153. 285.
49. — 155.
50. — 126.
51. — 177.
52. — 181.
53. — 181.
54. — 183.
55. — 183.
56. — 184.
57. — 188.
58. — 198.
59. — 199.
60. — 202.
61. — 203.
62. — 203.
63. — 206.
64. — 207.
65. — 209.
66. — 209.
67. — 209.
68. — 210.
69. — 211.
70. — 211.
71. — 211.
72. — 212.
73. — 235.
74. — 245.
75. — 256.
76. — 258.

Digitized by Google

Fig. 77. S. 267.
78. — 271.
79. — 272.
80. — 273.
81. — 280. 281.
82. — 282.
83. — 283.
84. — 292.
85. — 293.
86. — 294.
87. — 296.
88. — 296.
89. — 298.
90. — 399.
91. — 300.
92. — 302.
93. — 304.
94. — 304.
95. — 305.
96. — 306.
97. — 307.
98. — 308.
99. — 309.
100. — 312.
101. — 313.
102. — 324.
103. — 326.
104. — 326.
105. — 327.
106. — 327.
107. — 328.
108. — 331.

Fig. 109. S. 331. §. 22.
110. — 332.
111. — 337.
112. — 350. 352.
113. — 353.
114. — 354.
115. — 255.
116. — 356.
117. — 356.
118. — 368. §. 20.
119. — 370.
120. — 371.
121. — 371.
122. — 375.
123. — 376.
124. — 378. 379.
125. — 382.
126. — 386.
127. — 392.
128. — 393. §. 32.
129. — 393.
130. — 396.
131. — 396.
132. — 397.
133. — 400.
134. — 410. §. 14.
135. — 410.
136. — 410.
137. — 411.
138. — 412.
139. — 413.

Digitized by Google

In derselben Verlagshandlung erschienen:

Falkenheiner, K. B. N., erster Unterricht in unserer Orthographie. 8. Cassel, 1827. 3 gGr.

Grimm, J., zur Recension der deutschen Grammatik unwiderlegt herausgegeben. 8. Cassel, 1826. Geh. 12 gGr.

Grimm, K., die doppelte italienische Buchhaltung. 1828. 16 Gr.

Holzapfel, Dr. J. Chr. L., Leitfaden beim christlichen Religionsunterricht in Schulen. 8. 1828. 12 gGr.

Krauskopf, J., theoretisch-praktische Zeichenkunst, für den Privat-, Schul- und Selbstunterricht. Erster oder geometr. Theil a. u. d. T. Anleitung zum geometrisch richtigen Sehen, Vergleichen und Beurtheilen, als Grundlage eines guten Zeichenunterrichts. Mit 60 Vorlegeblättern und einer Erklärungstafel. 4. Cassel, 1828. 1 Thlr. 20 gGr.

Kühne Dr. F T., Dialogues for the use of young persons who learn to spaek english. Cassel, 1822. 16 gGr.

Dessen Gallicismen, nebst Ausdrücken und Redensarten für das gemeine Leben; herausgegeben für solche, welche französisch richtig schreiben und sprechen lernen wollen, ohne Germanismen einzumischen. 8. Cassel, 1822. 16 gGr.

Schmieder, Dr. K. Chr., Mythologie der Griechen und Römer; für Freunde der schönen Künste. Mit 33 Kpfrn. und 4 Ch. 8. Cassel, 1829. 3te Aufl. 1 Thlr. 4 gGr.

Selig, praktische Anleitung zum Straßenbau, gr. 8. mit 10 lith. Tafeln.

Sickler, Dr. F. C. L., Schulatlas der alten Geographie, mit historisch erläuternden Anmerkungen, insbesondere zu dem Handbuche und Leitfaden der alten Geographie gehörig, in 18 Blättern; quer Folio. Cassel. 2 Thaler.

Dessen Handbuch der alten Geographie für Gymnasien und zum Selbstunterricht ꝛc., mit 5 lithogr. Chärtchen. gr. 8. Cassel, 1824. 3 Thlr. 12 gGr.

Dessen Leitfaden beim Unterricht in der alten Geographie ꝛc. Cassel, 1826. 14 gGr.

Weber, H. K. F., Abhandlung über die Elemente der deutschen Currentschrift, mit lithogr. Tafeln. 8. Cassel, 1821. Geheftet 6 gGr.

Dessen Vorschriften zur Erlernung der größeren deutschen Schrift, zum Schul- und Privatunterricht. 6 gGr.

Dessen Vorschriften zur Erlernung der mittleren deutschen Schrift, zum Schul- und Privatunterricht. 10 gGr.

Cassel,
gedruckt in der Hof- und Waisenhaus-Buchdruckerei.

Digitized by Google

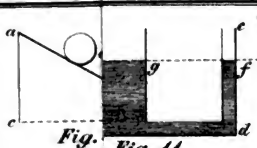


Fig. Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 1

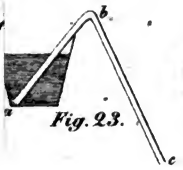
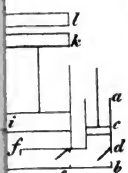


Fig. 23.

Fig. 24.

Fig. 25.



g. 29.

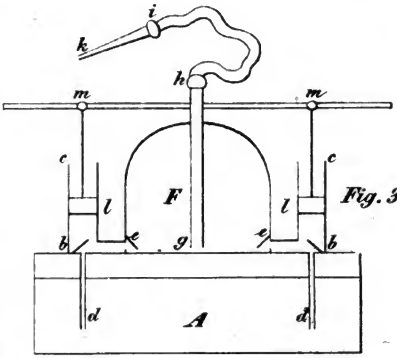
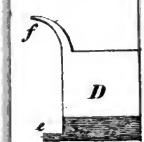


Fig.



m B

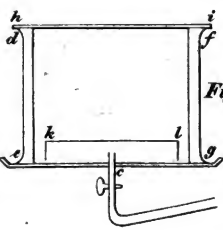
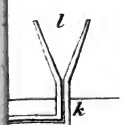


Fig. 42.



g. 44.

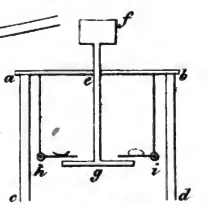
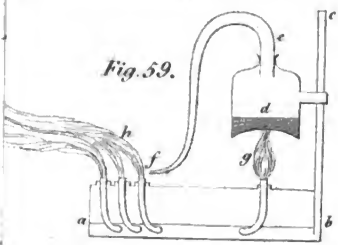


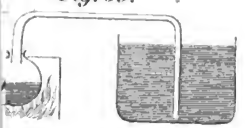
Fig. 43.

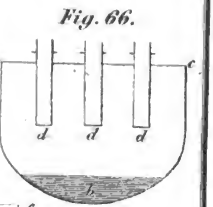
Lith. v. J. C. Arnold in Cas

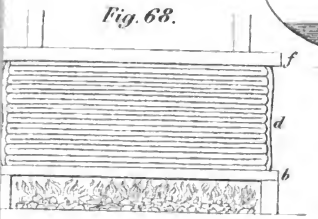
Digitized by Google

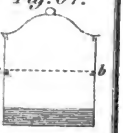
Digitized by Google

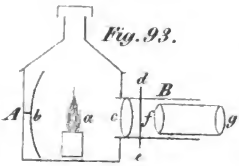


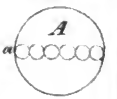


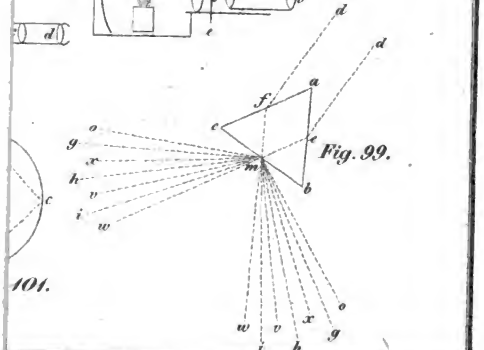












Lith. v. J. C. Arnold.

Digitized by Google

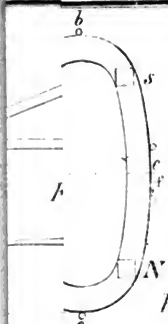
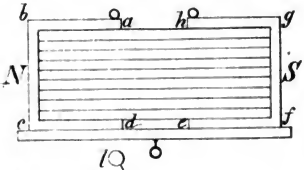


Fig. 118.

Fig. 108.



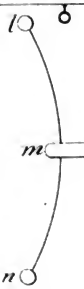
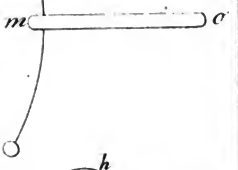
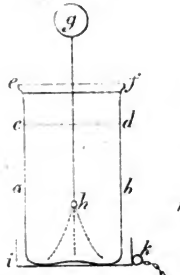


Fig. 119.





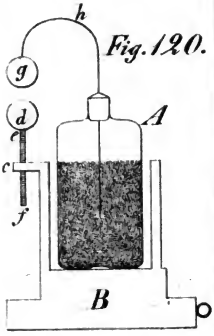


Fig. 120.

Fig. 128.

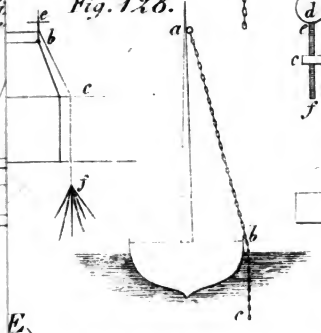


Fig. 138.

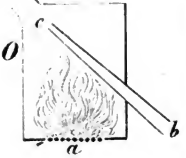
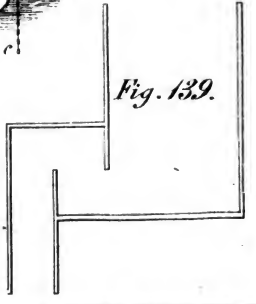


Fig. 139.



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google